

SÉRIE A, N° 597

N° D'ORDRE

1329

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

GEORGES BRANDZA

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES ANATOMIQUES SUR LA GERMINATION DES
HYPÉRICACÉES ET DES GUTTIFÈRES

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 16 février 1909, devant la Commission d'examen

MM. G. BONNIER.... *Président.*

CHATIN..... }
HAUG..... } *Examineurs.*

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

420, boulevard Saint-Germain, 420

—
1909



Digitized by the Internet Archive
in 2026

SÉRIE A, N° 597
N° D'ORDRE
1329

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

GEORGES BRANDZA

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES ANATOMIQUES SUR LA GERMINATION DES
HYPÉRICACÉES ET DES GUTTIFÈRES

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 16 février 1909, devant la Commission d'examen



MM. G. BONNIER.... *Président.*

CHATIN..... } *Examineurs.*
HAUG..... }

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

420, boulevard Saint-Germain, 420

1909

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

Doyen.	P. APPELL, <i>Professeur.</i>	Mécanique rationnelle.
Doyen honoraire.	G. DARBOUX —	Géométrie supérieure.
Professeurs honoraires.	L. TROOST. Ch. WOLF. J. RIBAN.	
	LIPPMANN.	Physique.
	BOUTY.	Physique.
	BOUSSINESQ.	Physique mathématique et Calcul des probabilités.
	PICARD.	Analyse supérieure et Al- gèbre supérieure.
	H. POINCARÉ.	Astronomie mathématique et Mécanique céleste.
	Yves DELAGE.	Zoologie, Anatomie, Phy- siologie comparée.
	G. BONNIER.	Botanique.
	DASTRE.	Physiologie.
	KOENIGS.	Mécanique physique et ex- périmentale.
	VÉLAIN.	Géographie physique.
	GOURSAT.	Calcul différentiel et calcul intégral.
	CHATIN.	Histologie.
Professeurs.	PELLAT.	Physique.
	HALLER.	Chimie organique.
	JOANNIS.	Chimie (Enseign ^t P. C. N.)
	JANET.	Physique — —
	WALLERANT.	Minéralogie.
	ANDOYER.	Astronomie physique.
	PAINLEVÉ.	Mathématiques générales.
	HAUG.	Géologie.
	TANNERY.	Calcul différentiel et calcul intégral.
	RAFFY.	Application de l'Analyse à la Géométrie.
	HOUSSAY.	Zoologie.
	LE CHATELIER.	Chimie.
	Gabriel BERTRAND.	Chimie biologique.
	Mme P. CURIE.	Physique générale.
	N.	Zoologie, Anatomie, Phy- siologie comparée.
	N.	Chimie.
	N.	Zoologie, Évolution des êtres organisés.
	PUISEUX.	Mécanique et Astronomie.
	LEDUC.	Physique.
	HADAMARD.	Calcul différentiel et calcul intégral.
Professeurs adjoints.	MATRUCHOT.	Botanique.
	MICHEL.	Minéralogie.
	BOUVEAULT.	Chimie organique.
	BOREL.	Théorie des fonctions.
	PRUVOT.	Zoologie, anatomie, phy- siologie comparée.
	CAULLERY.	Zoologie, évolution des êtres organisés.
Secrétaire.	A. GUILLET.	

A MA TANTE

M^{me} NATHALIE D. BRANDZA

Hommage de profonde affection
et de reconnaissance.

A MON MAITRE

M. GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

Hommage respectueux et reconnaissant.

A

M. GUSTAVE CHAUEAUD

Hommage respectueux
et témoignage de gratitude

RECHERCHES ANATOMIQUES
SUR
**LA GERMINATION DES HYPÉRICACÉES
ET DES GUTTIFÈRES**

Par **Georges BRANDZA**

INTRODUCTION

Les familles des Hypéricacées et des Guttifères (ou Clusiacées) ont fait l'objet de nombreux travaux touchant l'anatomie comparée ou la classification ; il n'existe, en revanche, pour ainsi dire aucun travail sur l'étude comparée des embryons et de leur germination.

On sait que les Hypéricacées diffèrent fort peu de certaines Guttifères, toutes les transitions pouvant s'observer entre les deux familles ; M. Engler réunit les Hypéricacées aux Guttifères, tandis que M. Van Tieghem considère ces deux familles comme distinctes.

Je me suis proposé de faire cette étude comparée des embryons et de leur germination, pensant que ce travail serait intéressant au point de vue général, et qu'il pourrait en outre, servir à la délimitation de ces deux familles si voisines.

Une des grandes difficultés de ce genre de recherches est la réunion des matériaux ; je n'ai pas malheureusement pu me procurer des échantillons de tous les genres et de toutes les espèces. J'ai pu, pourtant, grâce à l'amabilité de M. le Professeur J. Costantin et à ses nombreux correspondants, me procurer la plupart de mes échantillons ; qu'il me soit permis de lui adresser ici mes plus vifs remerciements.

Je remercie également M. Treub, Directeur de l'Institut Bota-

nique de Buitenzorg, et M. Marcel Dubard, Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris, pour les graines de Guttifères qu'ils m'ont données.

Je dois aussi à M. J.-C. Willis, Directeur de l'Institut Botanique de Peradenyia et à M. Georges Poirault, Directeur de la villa Thuret, des graines d'Hypéricacées et leur en suis reconnaissant.

Mes germinations ont été obtenues soit dans la serre du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, soit dans celles du Muséum d'Histoire naturelle, grâce à la bienveillante permission de M. Costantin.

Ce travail a été fait au laboratoire de Botanique de la Sorbonne et au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. J'adresse à mon Maître M. Gaston Bonnier, Directeur de ces deux laboratoires, mes vifs remerciements non seulement pour les encouragements et les précieux conseils qu'il m'a prodigués, mais encore pour toutes les facilités de travail que j'ai trouvées dans ses laboratoires.

Qu'il me soit permis aussi de remercier M. G. Chauveaud, Directeur adjoint à l'École de Hautes Études, pour les excellents conseils qu'il a bien voulu me donner.

TECHNIQUE

Pour effectuer mes recherches, j'ai employé la méthode des coupes à la main, ou la méthode habituelle des inclusions dans la paraffine en fixant les parties de la plante, soit avec le fixateur Flemming, soit avec l'alcool acétique, soit, dans la majorité des cas, avec l'alcool à 70°.

L'usage de l'hypochlorite rend impossible l'emploi des rubans de paraffine, lorsqu'ils sont collés sur lame. Je me suis servi du procédé indiqué dans sa thèse par M. Chauveaud (1), consistant dans l'emploi de microplynes et de poudre de verre; j'ai combiné ce procédé avec la méthode habituelle des inclusions.

On met dans un microplyne, contenant déjà une couche de poudre de verre, le ruban de paraffine; on se débarrasse de la

(1) G. Chauveaud, *Sur l'embryogénie de l'appareil laticifère* (Ann. Sc. nat., 7^e série, t. XIV, 1891).

paraffine en mettant le tout dans le xylol; on étale ensuite encore une nouvelle couche de poudre de verre et on arrive à hydrater les coupes en passant le microplyne dans la série des alcools; on soumet le microplyne contenant les coupes aux différents réactifs. A la fin, en renversant le contenu du microplyne dans un verre de montre rempli d'eau, les coupes flottent et on peut les prendre et les monter.

Pour observer le mode de développement des tubes criblés on doit suivre une technique spéciale, indiquée par M. G. Chauveaud (1). En signalant le premier, en 1897, une phase tout à fait spéciale dans la différenciation et dans le fonctionnement des tubes criblés primaires, phase qu'il a appelée « *phase de différenciation maximum* », cet auteur nous donne la méthode et le procédé de coloration qu'il faut suivre si l'on veut mettre en évidence les premiers tubes criblés. Depuis, dans les Mémoires qu'il a publiés (2), il insiste sur cette technique qu'il emploie et avec laquelle, d'une manière précise, on peut voir les premiers tubes criblés formés.

Je rappelle cette méthode qui est très simple : après avoir traité les coupes par l'hypochlorite de soude pour se débarrasser du contenu des cellules, on les soumet à l'action de la potasse assez concentrée (quelques pastilles de potasse dans un verre de montre) pendant trois à cinq minutes; ensuite, après les avoir bien lavées à l'eau, on les traite par l'eau fortement acidulée par l'acide acétique. Ce traitement doit durer de cinq à dix minutes, puis sans laver les coupes, on les met dans le brun Bismarck (en solution alcoolique ou aqueuse). Les coupes sont laissées dans le colorant dix à douze minutes, puis on les lave soigneusement à l'alcool, et on peut ensuite les monter dans la glycérine ou dans le baume de Canada.

Le brun Bismarck présente encore un avantage en ce qui concerne la microphotographie, car les coupes se prêtent extrêmement bien à la photographie.

(1) G. Chauveaud, *Sur l'évolution des tubes criblés primaires* (C. R. Acad. des Sc., p. 546, t. CXXV, 1897).

(2) G. Chauveaud, *Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine des Monocotylédones* (Ann. des Sc. nat., 8^e série, t. IV). — *Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine de Dicotylédones* (Ann. des Sc. nat., 8^e série, t. XII).

HISTORIQUE

Avant d'exposer mes recherches je résumerai nos connaissances sur la morphologie des embryons et des plantules d'Hypéricacées et de Guttifères en examinant brièvement les divers travaux qui ont été publiés jusqu'à ce jour.

C'est à l'ouvrage fondamental de Gärtner qu'il faut remonter pour avoir les premières descriptions précises.

En 1788, Gärtner (1) nous donne une description d'un embryon d'*Hypericum perforatum* : « Embryo semini conformis, lacteus. Cotyledones semicylindricæ. Radicula crassa, centripeta. Albumen nullum ». La description est accompagnée de figures dans la planche LXII. Ce botaniste donne également dans le même volume (2) une bonne description de l'embryon de *Calophyllum inophyllum* avec deux figures à l'appui. « Embryo semini conformis, erectus, albus. Cotyledones maximæ, carnosæ, eleosæ, plano convexæ, intus sæpe parva cavitate in medio exsculptæ, crassissimæ. Radicula parva, exigui tuberculi conici specie, basi cotyledonum prominens. Albumen nullum. »

Trois ans plus tard, le même auteur (3) donne les figures des embryons de trois espèces de *Garcinia* section *Mangostana* et décrit ces embryons, qu'il suppose à tort entourés d'un albumen et formés par deux cotylédons soudés : « Albumen semini conforme, coriaceum, tenuissimum, in velustis seminibus helvolum, impressionibus vasorum integumentum inscriptum, cum embryone pertinaciter conferruminatum. Embryo longitudine albuminis sed angustior, nunc fere linearis aut lineari lanceolatus, nunc ovato-lanceolatus, semper vero compressus, pseudo monocotyledoneus, inversus. Cotyledones foliaceæ, planæ, in unum corpus indiscretum coalitæ.

Radicula e cotyledonibus sensim attenuatis enata, infera (non supera, qualem fig. g exhibet), Tab. CV.

(1) Josephus Gärtner, *De fructibus et seminibus Plantarum*, t. I, p. 300, (Stutgardiæ Typis Academiae Carolinæ, 1788).

(2) *Loc. cit.*, p. 201, fig. c et d, Tab. XLIII.

(3) Josephus Gärtner, *De fructibus et seminibus Plantarum*, t. II, p. 406 (Tübingæ, Typis Guilielmi Henrici Schrammii, 1791).

Albumen longitudinaliter dissectum, cum forma embryonis in variis varia. »

Antoine Laurent de Jussieu (1) en 1789 crée les deux familles des Hypéricacées et des Guttifères ; les Hypéricacées constituent le huitième ordre sous le nom d'*Hyperica*, les Millepertuis, et le neuvième ordre est constitué par les *Guttiferae* (2), les Guttiers.

Les Hypéricacées sont rapprochées par de Jussieu des Guttifères à cause de leur résine, mais ce botaniste ajoute que, par le fruit capsulaire et par les graines extrêmement petites, les Hypéricacées diffèrent des Guttifères, quoiqu'il avoue que la petitesse des graines l'empêche de connaître leur structure.

En 1811, L. C. Richard (3) décrit très exactement la graine du *Clusia palmicida* : elle est recouverte de deux téguments minces et dépourvue d'albumen (périsperme pour Richard) ; la tigelle, que Richard appelle « radicule », est très grande et occupe tout l'intérieur de la graine ; l'embryon présente à la partie supérieure deux cotylédons très petits.

En 1813, A.-L. de Jussieu (4) attire l'attention sur l'importance pour la classification des caractères fournis par les graines. Après avoir rassemblé les observations faites par Gærtner sur la structure intérieure des fruits et des graines d'Hypéricacées et de Guttifères, il propose de rétablir le genre de Tournefort *Androsæmum* qui a trois styles et une baie et il le sépare des *Hypericum* qui ont un fruit capsulaire ; il adopte le genre *Vismia* de Vandelli, caractérisé par cinq styles et une baie à cinq loges. Le genre *Harungana* de Lamarek est rangé dans la série des *Androsæmum* et *Vismia* à cause du fruit qui est une petite baie.

Dans ce Mémoire, de Jussieu insiste de nouveau sur le rapport qui existe entre les Guttifères et les Hypéricacées, par suite du suc résineux que ces deux familles produisent. Attachant une

(1) A.-L. de Jussieu, *Genera Plantarum*, p. 254, 1789.

(2) J'adopte dans ce travail le nom de Guttifères donné par de Jussieu, de préférence à celui de Clusiacées qui n'a été donné qu'en 1836 par Lindley dans son ouvrage : *A natural system of Botany*, 2^e édit., p. 74.

(3) Richard, *Analyse botanique des embryons endorhizes ou monocotylédons et particulièrement de celui des Graminées* (Ann. du Mus., vol. XVII, p. 456, pl. X, fig. 64-65).

(4) A.-L. de Jussieu, *Sur les caractères généraux des familles tirés des graines Hypéricées, Guttifères* (Ann. du Mus., 1813, t. XX, p. 459-469).

grande importance aux caractères du fruit, il dit que le fruit des Guttifères est généralement beaucoup plus volumineux, les graines plus grosses et moins nombreuses que le fruit et les graines des Hypéricacées. Jussieu nous fait connaître aussi les principaux traits de la germination du *Mammea* : « Le fruit très gros du *Mammea* contient quatre graines dont chacune est recouverte d'une coque ovoïde, coriace, presque ligneuse ; l'amande intérieure n'est recouverte d'aucun tégument qui puisse s'en détacher. »

« Elle est grande, de forme presque ovoïde, de substance solide et même dure, marquée de deux lignes prolongées aux côtes, opposées de la base au sommet où elles se réunissent sur un point peu saillant. Ces lignes paraissent annoncer l'existence de deux cotylédons nus et sans périsperme ; cependant, il est impossible de séparer l'amande naturellement en deux, quoique dans une coupe transversale on aperçoive très sensiblement une ligne qui indique le point d'union des deux parties. M. Poiteau nous a montré dans une graine bien mûre, sous le point saillant au sommet, une très petite radicule, que nous avons cherchée inutilement dans plusieurs autres graines. Il avait aussi observé à Saint-Domingue la germination de cette graine, qu'il avait dessinée sur les lieux. On voit dans ce dessin sortir du sommet de la graine restée entière, un prolongement qui se divise bientôt pour former supérieurement la plumule et inférieurement la radicule et dans cette végétation la graine entière persiste sur le côté. La même observation est consignée dans une note manuscrite de Richard rédigée en Amérique. Nous trouvons encore cette disposition latérale de la graine germante, dans un très jeune échantillon d'une espèce de *Calophyllum* qui existe dans notre herbier. »

De Jussieu termine son Mémoire en résumant les caractères généraux de la graine des Guttifères ; l'embryon est sans « périsperme », composé de deux grands cotylédons qui sont libres comme dans *Calophyllum* ou intimement soudés comme dans *Ochrocarpus*. Il applique malheureusement à la majorité des Guttifères cette notion, exacte pour les *Calophyllum* et *Ochrocarpus*.

Choisy (1) admet, comme de Jussieu, que la masse principale

(1) *Mém. Soc. Hist. nat. Par.*, I, p. 217.

de l'embryon des Guttifères consiste en deux cotylédons soudés. Cambessèdes (1), en admettant la manière de voir de Jussieu et de Choisy, décrit un embryon de *Calophyllum* et un embryon de *Mesua ferrea*.

Martius (2) décrit l'embryon de *Platonia insignis* comme entouré d'un albumen : « Embryone intra albumen spissum carnosum solidum curvulo nunc cylindrico nunc clavato ». Roxburgh (3) en 1832 voit, de même que Martius, l'embryon entouré d'un « péricisperme » en décrivant la graine de *Garcinia Mangostana*, de *Garcinia zeylandica*, de *Garcinia Kydia*, de *Xanthochymus dulcis* ; il insiste également sur le mode de germination de ces plantes et constate que la racine principale s'atrophie rapidement et est remplacée par une forte racine adventive qui se développe à la base de la plumule. Thwaites (4) figure une graine de *Garcinia terpnophylla* (*Terpnophyllum zeylanicum*) et émet l'opinion qu'il y a, au milieu d'un albumen, un embryon ou une radicule interne.

John Miers (5), dans un mémoire détaillé, résume les connaissances qu'on avait en 1854 sur l'embryon des Guttifères, en insistant sur les faits donnés par Richard et laissés de côté par Choisy. Il donne le nom de *néorhize* à la soi-disant « radicule interne » de Thwaites.

Spruce (6), en 1855, étudie la germination de *Clusia* ; il constate que la tigelle et la radicule s'allongent et que les cotylédons sont très réduits, de deux à quatre millimètres de diamètre quand ils sont épanouis.

En 1860-1861, paraît un mémoire important de Planchon et Triana (7). Ces auteurs, donnant une grande valeur à l'organisation des graines et montrant que cette organisation a une grande

(1) J. Cambessèdes, Mém. sur les fam. des Ternstrœmiacées et des Guttifères (*Mém. Mus. Hist. nat.*, XVI, 1828).

(2) De Martius, *Nov. gen. et spec., Plant. Brasil.* (vol. III, 1829, p. 169).

(3) Roxburgh, *Flora Indica, or Descriptions of indian plants*, II, p. 620, 1832.

(4) Thwaites, *Journ. of Bot. and Kew Gard. Miscell.*, VI, p. 70, 74, 1854.

(5) John Miers, *Observations on the structure of the seed and peculiar form of the Embryo in the Clusiaceæ* (*Transact. of the Linn. Soc.*, 1854, vol. XXI, p. 243-258).

(6) Spruce (Hook. *Journ. of Bot.*, VII, p. 347, 1855).

(7) Planchon et Triana, *Mémoire sur les Guttifères* (*Ann. Sc. nat.*, 4^e série, 1860-1861, t. XIII, XIV, XV et XVI).

importance pour la classification, distinguent dans les Guttifères trois types d'embryons « d'organisation bien tranchée ».

« *Premier type.* — Embryon à tigelle (radicule) (1) très grosse, à cotylédons très petits, mais bien distincts. Telle est l'organisation que L.-C. Richard, le premier, signala chez un *Clusia* de Cayenne (*Clusia palmicida* Rich.), que Turpin retrouva chez *Clusia rosea*, et que nous regardons comme constant chez toutes les Guttifères à fruit capsulaire avec une placentation axile ».

« *Deuxième type.* — Embryon à tigelle (radicule) énorme, plus ou moins tubériforme, offrant une moelle plus ou moins développée, que l'on a décrite souvent comme commissure de cotylédons soudés ou comme une racine intérieure. Cotylédons nuls, ou représentés par de simples replis de la surface de la graine. Ce type se rencontre chez les Garciniées et les Moronobées. »

« *Troisième type.* — Embryon à tigelle (radicule) très petite, à cotylédons énormes, libres ou soudés ; caractère général chez les Calophyllées et les Quinées » (2).

A la fin de ce Mémoire, Planchon et Triana nous donnent, en même temps qu'un historique, des renseignements sur la germination des Guttifères. Ces auteurs figurent en outre la germination de *Xanthochymus dulcis* ; de plus, ils représentent deux embryons soudés de la même plante ayant germé ensemble et ajoutent que ce cas de polyembryonie est assez fréquent dans cette plante.

Bentham et Hooker (3), dans le *Genera Plantarum*, et Baillon (4), dans l'*Histoire des Plantes*, donnent également des détails sur l'embryon des Hypéricacées et des Guttifères.

M. Van Tieghem, dans son Mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes (5) étudie aussi les embryons de Guttifères (Clusiacées). Il distingue, suivant les genres, cinq manières d'être des embryons de ces plantes ; 1° les cotylédons sont tuberculeux

(1) Planchon et Triana rappellent que les auteurs qui les ont précédés appelaient radicule la tigelle.

(2) Planchon et Triana placent dans les Guttifères les Quinées qui, comme nous le verrons plus loin, sont considérées comme une famille spéciale.

(3) G. Bentham et J.-D. Hooker, *Genera plantarum*, 1862, vol. I, p. 163-176.

(4) H. Baillon, *Histoire des Plantes*, t. VI, 1877. On trouve également dans cet ouvrage l'histoire très détaillée de la classification de ces deux familles.

(5) Ph. Van Tieghem, *Second mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes* (Ann. Sc. nat., Bot., 7^e série, t. I, p. 42, 1885).

(*Calophyllum*, *Mammea*, etc.); 2° la tigelle est tuberculeuse par l'écorce et les cotylédons sont petits (*Clusia*, etc.); 3° la tigelle est tuberculeuse par l'écorce et les cotylédons manquent (*Montrouziera*, etc.); 4° la tigelle est tuberculeuse par la moelle et les cotylédons sont petits (*Pentadesma*); 5° la tigelle est tuberculeuse par la moelle et les cotylédons sont nuls (*Xanthochymus*).

Dans *Pentadesma butyraceu*, cet auteur insiste sur un fait très intéressant : « Dans l'embryon de cette plante qui manque d'appareil spécial de sécrétion, cette fonction sécrétrice s'opère individuellement dans chaque cellule du parenchyme. Je donne la description de M. Van Tieghem : « Le parenchyme cortical et médullaire est entièrement dépourvu de canaux sécréteurs. Cependant, bien qu'elle manque d'organes spéciaux, la fonction sécrétrice ne s'en accomplit pas moins; seulement elle est réduite à s'opérer individuellement dans chaque cellule du parenchyme : au lieu d'être localisée, elle est diffuse. Outre son contenu gras, dont une partie cristallise en un paquet de longues et fines aiguilles, comme dans le *Montrouziera* et plusieurs autres Clusiacées, chaque cellule du parenchyme produit, en effet, une oléorésine jaune brun ; ce produit de sécrétion est intimement appliqué contre la membrane qu'il revêt d'une couche plus ou moins épaisse ; çà et là il forme, en outre, un globule dans la cavité. Il en résulte que, sur les sections, le tissu offre l'aspect d'un fin réseau jaune brun, dont les mailles sont occupées par la matière grasse. »

L. Pierre (1) dans *Garcinia Vilersiana* dit que : « l'embryon est charnu et indivis ; on distingue au centre, dans toute la longueur de son axe, un tube fibro-vasculaire. Il se prolongera au moment de la germination en une racicule basilaire dont le développement s'arrêtera au moment où naîtra la tigelle (2) au sommet et au pôle opposé de la graine ; c'est à la base de cette tigelle que sortira la racine adventive destinée à soutenir et à nourrir la jeune plante. On rencontre uniformément le même caractère de germination dans tous les *Garcinia* et les *Ochrocarpus*. »

En 1892 John Lubbock (3) décrit, au point de vue de la mor-

(1) L. Pierre, *Flore forestière de la Cochinchine*, fasc. V, 1883.

(2) Mot employé par Pierre au lieu de gemmule ou jeune tige.

(3) John Lubbock, *A contribution to our knowledge of seedlings*. London, 1892, vol. I, p. 231-236.

phologie externe, le fruit, la graine et la plantule d'*Hypericum Androsæmum* (*Androsæmum officinale*) parmi les Hypéricacées, et de *Xanthochymus pictorius* Roxb., *Calophyllum inophyllum* L. et *Mesua ferrea* L. parmi les Guttifères.

R. Keller dans les *Pflanzenfamilien* (1) nous donne quelques figures de morphologie externe de la graine du genre *Hypericum*; M. Engler, dans le même ouvrage, nous donne quelques renseignements accompagnés de quelques figures de morphologie externe de la graine et de quelques coupes d'embryons pour le reste des Hypéricacées et pour les Guttifères.

J. Vesque (2) dans son excellente monographie des Guttifères fournit de très bonnes descriptions de la morphologie externe de l'embryon de beaucoup de Guttifères.

En 1897, M. E. Heckel (3) décrit sommairement la structure de l'embryon de *Pentadesma butyracea*. En 1899 (4), cet auteur décrit la formation des canaux sécréteurs dans un embryon d'*Allanblackia floribunda* au commencement de la germination.

M. Heckel suppose à ces canaux, ainsi qu'à ceux de l'embryon d'*Ochrocarpus siamensis*, une origine lysigène, bien qu'il n'ait pas assisté à leur formation. On verra plus loin ce qu'il faut penser de cette manière de voir.

Comme je n'étudie dans mon travail que l'embryon et la plantule des Hypéricacées et des Guttifères, je passerai sous silence les nombreux travaux d'anatomie comparée faits sur ces deux familles; je me bornerai à renvoyer le lecteur à l'excellent ouvrage de M. Solereder (5).

(1) Engler und Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, t. III, 1893. Leipzig.

(2) J. Vesque, *Guttiferæ*, dans les *Suites au Prodrômus systematis naturalis regni vegetabilis*, continué par A. et C. de Candolle. Paris, 1893.

(3) E. Heckel, *Les graines grasses nouvelles ou peu connues des colonies françaises* (Ann. de l'Inst. colonial de Marseille, 5^e année, vol. IV, 1897, p. 167).

(4) E. Heckel, *Sur la formation des canaux sécréteurs dans les graines de quelques Guttifères* (C. R., t. CXXIX, 1889, p. 508-510).

(5) H. Solereder, *Systematische Anatomie der Dicotyledonen*. Stuttgart, 1899; Suppl. 1908.

HYPÉRICACÉES

J'ai eu à ma disposition une grande quantité de graines des genres *Hypericum* et *Haronga* et j'ai obtenu facilement des germinations de toutes ces plantes.

Le genre *Hypericum* comprend, à lui seul, la plus grande partie des *Hypéricacées*. Spach (1) le considérait comme très hétérogène et l'a démembré en un grand nombre de genres ; les genres de Spach sont le plus souvent considérés, notamment par R. Keller (2), comme des sections ou des sous-genres.

Les graines des diverses espèces d'*Hypericum*, au point de vue de la morphologie externe, sont bien caractérisées, notamment par les ornements du tégument de la graine. En revanche, il y a peu de différences au point de vue de la morphologie interne de l'embryon et de la plantule dans les différents sous genres ou sections d'*Hypericum* ; si, au point de vue de la morphologie externe, les plantules diffèrent entre elles en prenant les caractères propres aux espèces auxquelles elles appartiennent, au fur et à mesure qu'elles grandissent, au point de vue de la morphologie interne, ces plantules ont une grande uniformité de structure.

Je décrirai tout d'abord dans les Hypéricées, l'*Hypericum perforatum* L., type de la section *Milleporum* du genre *Hypericum* pour Spach, l'*Hypericum calycinum* L. qui pour Spach est le type d'un genre *Eremanthe* de la tribu des Androsæminées, et l'*Hypericum Elodes* L. dont Spach a fait l'*Elodes palustris*.

Dans les Vismiés, j'ai étudié *Haronga paniculata* Pers. (*H. madagascarensis* Choisy).

Hypericum.

EMBRYON.

L'embryon d'*Hypericum perforatum* est très petit ; il est cylindrique, ovoïde, à peine long d'un millimètre ; il est droit,

(1) Suites à Buffon, *Hist. nat. des végétaux*, V, 333, et *Ann. Sc. nat.*, 2^e série, V, 457, 349.

(2) In Engler et Prantl, *Pflanzenfam.*, t. III, 1895.

présente une très petite radicule, une tigelle bien développée et deux cotylédons libres, semi-cylindriques, formant un peu moins de la moitié de l'embryon. L'embryon d'*Hypericum* (*Eremanthe*) *calycinum* L. est semblable à celui d'*Hypericum perforatum*, il en diffère seulement par sa taille plus grande, mesurant toujours un millimètre et demi de long, et par l'inégale longueur des cotylédons. L'*Hypericum Elodes* L. présente un embryon excessivement petit d'à peine un demi-millimètre de longueur, mais la conformation est pareille à celle de l'*Hypericum perforatum*.

Les embryons que j'étudie maintenant provenaient de graines ayant séjourné trois jours dans l'eau; ils ont été fixés par la liqueur de Flemming.

Radicule. — Une coupe longitudinale axiale dans la région radiculaire d'un embryon d'*Hypericum perforatum* ou d'*Hypericum calycinum* nous montre une coiffe représentée par deux ou trois assises de cellules avec deux initiales, l'écorce et le cylindre central ont également, chacun pour leur compte, deux initiales. Le cylindre central est bien distinct de l'écorce dès le sommet, comme M. Flahault (1) l'a montré dans l'*Hypericum Gebleri* Ledeb. Dans ce cylindre central il n'y a aucune différenciation.

Tigelle. — Des coupes transversales pratiquées dans la tigelle montrent une écorce constituée par cinq ou six assises de cellules dans *Hypericum perforatum* et *H. Elodes*, six ou sept dans *H. calycinum*. Les cellules de l'écorce sont polyédriques plus ou moins arrondies avec un protoplasma granuleux et de petites gouttelettes de nature oléagineuse. Ces cellules sont plus petites dans l'*Hypericum Elodes* que dans les *Hypericum perforatum* et *H. calycinum*. L'endoderme ne présente rien de particulier.

Le cylindre central de la tigelle d'un embryon d'*Hypericum perforatum*, d'*H. Elodes* et d'*H. calycinum* est limité par une assise péricyclique très nette. L'appareil conducteur est différencié seulement dans la partie supérieure de la tigelle; on distingue deux faisceaux ligneux formés chacun par un ou deux vaisseaux à peine lignifiés, et, alternant avec eux, deux

(1) Ch. Flahault, *Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames* (Ann. Sc. nat., 6^e série, t. VI, p. 405).

faisceaux libériens réduits chacun à un seul tube criblé à peine formé; un peu plus haut, c'est-à-dire immédiatement au-dessous des cotylédons, on trouve, de chaque côté des faisceaux ligneux, deux tubes criblés notablement écartés et situés au voisinage des faisceaux ligneux en ayant une disposition toujours alterne. L'appareil sécréteur n'est pas encore différencié, on verra qu'il apparaît aussitôt que la germination commence. La différenciation de l'appareil conducteur de l'*H. Elo-des* est encore moins prononcée que dans les autres espèces.

Cotylédons. — Dans les cotylédons, l'appareil conducteur est à peine ébauché; il est constitué par un cordon de cellules allongées dans lequel ni les tubes criblés ni les vaisseaux ne sont différenciés. Le limbe des cotylédons d'*Hypericum perforatum* ou d'*H. calycinum* ne présente ni poches, ni canaux sécréteurs, mais, de distance en distance, on voit sur les bords du cotylédon, sous l'épiderme, une cellule plus grande à contenu granuleux, à noyau assez grand, qui donnera naissance, par des divisions, à une poche sécrétrice, lors de la germination. On trouve même parfois ces cellules en voie de division dans les embryons seulement gonflés par l'eau.

Une coupe longitudinale axiale faite dans un embryon d'*Hypericum calycinum* ayant séjourné quatre ou cinq jours dans l'eau dont le tégument commençait à se déchirer nous montre une gemmule peu développée (Pl. VII, fig. 10). L'ébauche des faisceaux conducteurs se termine brusquement près de l'extrémité des cotylédons. Les futurs vaisseaux sont en contact avec un parenchyme formé de cellules petites, à membrane mince, différentes des autres cellules du limbe et recouvert par un épiderme qui est pourvu de deux cellules stomatique, à l'extrémité du cotylédon. Nous nous trouvons en présence du début de la différenciation d'un hydathode ou stomate aquifère.

GERMINATION.

Le mode de germination des *Hypericum* étant le même dans les nombreuses espèces que j'ai examinées, je décrirai seulement celui d'*Hypericum perforatum*. On observe d'abord une fente

dans le tégument dans la région du micropyle où va poindre la radicule ; aussitôt que la radicule est sortie, la tigelle s'allonge très vite, présentant à la base un petit renflement, indiquant le collet et portant une couronne de poils absorbants. L'apparition de ces poils absorbants est très précoce, car on peut déjà les observer lorsque la radicule commence à peine à pousser ; ces poils ont une durée assez longue et peuvent persister même après l'apparition des premières feuilles. Les cotylédons renfermés d'abord dans le tégument de la graine, s'accroissent, rejettent ce tégument et finissent ainsi par bien s'épanouir.

La radicule donnera toujours naissance à la racine principale de la plante ; la moitié inférieure de la tigelle peut donner naissance à des racines adventives très grêles.

L'*Hypericum Elodes* se développe comme l'*Hypericum perforatum* ; il se forme de petites racines adventives sur la tigelle et sur la jeune tige bientôt rampante.

Plantule très jeune. — Étudions d'abord la structure d'une très jeune plantule d'*Hypericum perforatum* dont les cotylédons ne sont pas encore séparés l'un de l'autre et sont encore à moitié enfermés dans le tégument séminal, dont la tigelle a environ 10 millimètres de longueur, et dont la radicule, de 3 millimètres de long environ, commence à s'allonger.

Radicule. — En pratiquant une coupe transversale au sommet de la radicule à un niveau où la coiffe n'est pas complètement exfoliée, on observe une assise pilifère dépourvue de poils absorbants, une écorce externe formée de deux assises de cellules polyédriques ne présentant pas de méats entre elles et une écorce interne formée de trois assises de cellules rectangulaires disposées en séries radiales très régulières. Les cellules de cette écorce interne sont de plus en plus aplaties à mesure qu'elles sont plus profondes. L'assise la plus profonde, c'est-à-dire l'endoderme, est constituée par des cellules encore en voie d'agrandissement présentant une forme pentagonale, aplaties dans le sens tangentiel, avec un contenu protoplasmique granuleux et avec des membranes latérales non encore pourvues de plissements.

Le cylindre central est très petit, limité par une assise péricyclique simple. Les cellules du péricycle alternent avec celles

de l'endoderme ; elles en diffèrent aussi par leur taille et par leur forme hexagonale.

Dans le cylindre central, il n'y a encore, comme tissu conducteur, que deux faisceaux libériens représentés chacun par un tube criblé, de forme losangique caractéristique et dont la membrane épaissie se colore fortement par le brun Bismarck. J'ai suivi leur mode de formation qui est conforme à celui que M. Chauveaud a signalé dans un grand nombre de plantes. Ce botaniste (1) a montré le premier avec précision la naissance des tubes criblés primaires dans les racines, signalant dans leur évolution une phase tout à fait spéciale à ces éléments, qu'il appelle *phase de différenciation maximum* et qui correspond au plus haut degré de leur différenciation.

La forme losangique d'un tube criblé comme M. Chauveaud l'a montré, est une conséquence de son mode de développement. En effet, quand la cellule mère du tube criblé, comme c'est le cas dans cette racine d'*Hypericum perforatum*, se divise par une cloison inclinée faisant avec le rayon un angle de 45°, le tube criblé qui en résulte a toujours la forme losangique très caractéristique.

Si on pratique une coupe transversale près de la base de la tige, au-dessous du renflement constituant le collet, on observe (pl. V, fig. 1) la même structure dans l'écorce ; seulement ici, l'assise pilifère a donné naissance à de très nombreux poils absorbants.

Dans le cylindre central on remarque l'apparition de deux faisceaux ligneux représentés chacun par un vaisseau, les faisceaux libériens sont encore représentés chacun par un seul tube criblé. A droite et à gauche de chaque tube criblé, on observe sur le même cercle, une cellule d'origine péricyclique en voie

(1) G. Chauveaud, *Sur le développement du faisceau libérien de la racine des Graminées* (Bull. du Mus. Hist. nat., t. I, 1895). — *Sur le mode de formation des faisceaux libériens de la racine des Cypéracées* (Bull. Soc. bot. de France, t. XLII, 1895). — *Sur le développement des tubes criblés chez les Angiospermes* (C. R., t. CXX, 1895). — *Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine des Monocotylédones* (Ann. Sc. nat., 8^e série, t. IV). — *Sur l'évolution des tubes criblés primaires* (C. R. Acad. des Sc., p. 546, t. CXXV, 1897). — *Sur la structure de la racine de l'Hydrocharis Morsus-ranæ* (Revue gén. de bot., t. IX, p. 360, 1897). — *Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine des Dicotylédones* (Ann. Sc. nat., 8^e série, t. XII).

de division, qui donnera naissance bientôt à un canal sécréteur. La structure de la jeune racine principale est la même dans l'*Hypericum calycinum* et dans l'*Hypericum Elodes*, la seule différence pour cette dernière espèce réside dans l'écorce qui est déjà lacuneuse et dans le cylindre central qui est un peu plus petit.

Tigelle. — Une coupe transversale de la tigelle dans sa région médiane montre (Pl. V, fig. 2) : un épiderme formé par des cellules assez grandes et recouvertes d'une mince cuticule ; une écorce constituée par cinq assises de cellules laissant des méats entre elles et dont l'assise la plus profonde, l'endoderme, offre les plissements caractéristiques sur les parois latérales de ses cellules.

Le cylindre central est grêle ; l'appareil conducteur et l'appareil sécréteur sont bien représentés. On observe deux faisceaux libériens bien formés comptant de trois à cinq tubes criblés, et, alternant avec les précédents, deux faisceaux ligneux, comptant deux ou trois vaisseaux formant une série radiale, vis-à-vis desquels le péricycle est dédoublé ; les deux faisceaux ligneux peuvent souvent s'unir vers le centre, auquel cas la moelle n'existe pas. A droite et à gauche de chaque faisceau libérien, on observe la présence d'un canal sécréteur dont l'origine est péricyclique comme l'a déjà indiqué M. Van Tieghem (1).

La même structure se retrouve dans les tigelles des *Hypericum* (*Eremanthe*) *calycinum* (Pl. VI, fig. 6 et 8), *Hypericum Androsæmum* L. (*Androsæmum officinale* All.), *Hypericum quadrangulum* L., *Hypericum tomentosum* L., *Hypericum montanum* L. et *Hypericum balearicum* L.

Dans *Hypericum Elodes* L. (*Elodes palustris* Spach) (Pl. VII, fig. 12 et 13) l'écorce est très lacuneuse et le cylindre central très petit. L'épiderme a des cellules recouvertes d'une très mince cuticule ; l'écorce comprend quatre couches de cellules très lâches avec de grandes lacunes entre elles ; enfin la cinquième assise corticale, l'endoderme, offre les plissements latéraux caractéristiques. Le cylindre central, très réduit, est limité par une assise péricyclique simple. L'appareil conducteur est

(1) Ph. Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes*, second mémoire (Ann. Sc. nat., 7^e série, t. I, p. 51 ; 1885).

représenté par deux faisceaux ligneux formés chacun de deux, rarement trois vaisseaux. Ces faisceaux ligneux se touchent au milieu, de sorte qu'il n'y a pas de moelle. Alternant avec ces deux faisceaux ligneux, il y a deux faisceaux libériens bien développés. Sur la figure 12 (Pl. VII) on voit, sur le flanc d'un faisceau libérien et sous le péricycle, un canal sécréteur bien formé.

A un niveau supérieur de quelques dizaines de μ à celui figuré, ce canal semble inclus dans le liber par suite du développement d'un tube criblé (Pl. VII, fig. 13) de l'autre côté du canal. Sur cette dernière figure, on observe aussi très bien la disparition dans les faisceaux ligneux des premiers vaisseaux, leur place étant indiquée par une lacune qui, bientôt, disparaîtra aussi, étant comblée par suite de la division ou de l'agrandissement des cellules voisines.

Examinons maintenant la structure de la tigelle d'*Hypericum perforatum* ou d'*Hypericum calycinum* sur des coupes transversales successives, partant du milieu et s'approchant des cotylédons; on constate que les faisceaux ligneux se continuent en ligne droite verticalement, gardant sur toute la longueur de la tigelle une position alterne avec les faisceaux libériens. On observe, dans chaque faisceau libérien, au fur et à mesure qu'on s'approche des cotylédons, deux groupes de tubes criblés séparés par une bande de plus en plus large de tissu conjonctif.

La figure 3, planche VI, représente une coupe transversale d'une très jeune tigelle d'*Hypericum calycinum* menée tout près des cotylédons. On voit les deux faisceaux ligneux alternant encore avec deux faisceaux libériens de chaque côté. Entre ces deux faisceaux libériens, les cellules de conjonctif sont en division et c'est ici que plus tard naîtront les faisceaux caulinaires. On voit aussi, sur la figure, les canaux sécréteurs d'origine péricyclique. Les faisceaux ligneux présentent un ou deux vaisseaux à position intermédiaire à côté d'un ou deux vaisseaux alternes primitifs qui persistent encore. On observe aussi, sur la coupe, des cloisonnements du péricycle, la formation de nouveaux tubes criblés et l'apparition de cloisons secondaires indiquant le début de la disposition superposée.

Cette disposition superposée s'établit presque sur place, puisque sur une coupe du nœud cotylédonaire, qui est à un niveau plus élevé d'un dixième de millimètre, cette disposition superposée est des plus nettes; les vaisseaux alternes et intermédiaires ont disparu, les vaisseaux secondaires se sont différenciés et des cloisonnements secondaires se forment donnant naissance à l'assise génératrice entre le bois et le liber. Le passage de la disposition alterne à la disposition superposée se fait dans ces *Hypericum* presque brusquement, tout près des cotylédons. Sur ce passage de la disposition alterne des éléments libériens et ligneux à la disposition superposée, je ne fais que confirmer ce que M. Chauveaud (1) nous a montré depuis longtemps dans un grand nombre de Notes qu'il a consacrées à cette question.

Cotylédon. — Les cotylédons d'*Hypericum perforatum* ou d'*Hypericum calycinum* ont un épiderme [formé de grandes cellules sur la face dorsale, et de petites cellules sur la face ventrale; le limbe présente, vers la base, des cellules toutes semblables (Pl. V, fig. 3) et plus haut, dans la région médiane, il montre une assise palissadique très nette (Pl. VI, fig. 7). Toutes ces cellules sont en voie de division très active. Des poches sécrétrices se rencontrent, de distance en distance, sur le bord du limbe. Les nervures ont un appareil conducteur bien différencié, avec une disposition superposée du bois et du liber. Dans le cotylédon d'*Hypericum Elodes*, le limbe est beaucoup plus mince et les cellules plus lâches. On y observe aussi des poches sécrétrices à développement schizogène. — Les stomates aquifères, que nous avons vus à l'extrémité des cotylédons de l'embryon gonflé par l'eau, sont maintenant bien différenciés. Ils persistent tels quels pendant toute la durée des cotylédons, et je n'aurai plus besoin d'en rappeler l'existence en décrivant des plantules plus âgées. J'ai figuré (Pl. VII, fig. 11) un cotylédon

(1) G. Chauveaud, *Sur le passage de la structure primaire à la structure secondaire dans le Haricot* (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1901, p. 23). — *Passage de la position alterne à la position superposée de l'appareil conducteur, avec destruction des vaisseaux centripètes primitifs, dans le cotylédon de l'Oignon (Allium Cepa)* (Bull. du Mus. d'Hist. nat., 1902, p. 52). — *Persistance de la disposition alterne ou primitive dans les cotylédons de la Betterave (Beta vulgaris) et de plusieurs autres Chénopodiacées* (Bull. Soc. bot. de France, t. LIII, 4^e série, t. VI, 1906, p. 369).

très âgé d'*Hypericum Elodes* montrant le stomate aquifère du sommet et la présence d'autres, nouvellement formés, pendant le cours de la germination. — Je n'ai jamais observé dans les cotylédons les « ponctuations noires » qui ont été décrites dans la feuille par Green, Kienast et d'autres auteurs.

Plantule plus âgée. — Étudions maintenant la structure d'une plantule plus âgée d'*Hypericum perforatum* ayant une racine principale allongée de 30 à 40 millimètres, une tigelle de 15 millimètres de long et une jeune tige avec les deux premières feuilles opposées bien développées.

Racine. — En pratiquant une coupe transversale au milieu de cette racine, on observe, sous une assise pilifère pourvue de poils absorbants, une écorce comprenant six assises de cellules : l'assise subéreuse, puis cinq assises de cellules disposées radialement laissant des méats entre elles ; la dernière de ces assises est l'endoderme, bien caractérisé par ses plissements latéraux.

Une assise péricyclique limite le cylindre central qui présente deux faisceaux ligneux et deux faisceaux libériens ; les faisceaux ligneux comptent chacun trois ou quatre vaisseaux et souvent confluent en une bande diamétrale ; les deux faisceaux libériens comptent chacun quatre à cinq tubes criblés. De part et d'autre de chaque faisceau libérien, on observe un canal sécréteur (que nous n'avions vu qu'ébauché dans une plantule plus jeune) et qui est d'origine péricyclique ; en effet, le péricycle s'est dédoublé par une cloison tangentielle entre chaque faisceau ligneux et libérien ; j'ai observé cette origine péricyclique avec beaucoup de netteté dans la racine de l'*Hypericum calycinum* qui d'ailleurs a exactement la même structure que celle de l'*Hypericum perforatum*. On voit, dans cette racine, d'une façon très nette, la division du péricycle entre les faisceaux ligneux et libériens et la naissance des canaux sécréteurs. On observe quelquefois deux canaux sécréteurs sur le flanc d'un faisceau libérien.

Si on étudie la racine d'*Hypericum Elodes*, on observe sous l'assise pilifère, une écorce lacuneuse formée de 5 ou 6 assises de cellules : l'assise subéreuse, trois assises de cellules avec de très grandes lacunes et enfin deux assises avec des méats dont

la plus interne est l'endoderme bien caractérisé par ses plissements sur les parois latérales des cellules. Le cylindre central est limité par une assise pérycclique. L'appareil conducteur est représenté: 1° par deux faisceaux ligneux comptant chacun deux ou trois vaisseaux; ces deux faisceaux ligneux peuvent confluer en une bande diamétrale, et le centre de la moelle est alors occupé par un gros vaisseau; 2° par deux faisceaux libériens, comptant chacun trois à cinq tubes criblés. De part et d'autre de chaque faisceau libérien, on observe un canal sécréteur qui est d'origine pérycclique. Ici aussi, comme dans l'*Hypericum calycinum*, le pérycclique se dédouble entre les faisceaux libériens et ligneux et la cellule la plus interne résultant de la division en deux d'une cellule pérycclique, donne naissance à un canal sécréteur.

J'ai aussi observé sur d'autres racines de l'*Hypericum Elodes*, dans le cylindre central, un seul canal sécréteur sur le flanc de chacun des faisceaux libériens.

M. Van Tieghem (1), qui a trouvé le premier cette origine pérycclique des canaux sécréteurs, insiste beaucoup sur cette origine en caractérisant les Hypéricacées; on verra plus loin que l'origine des canaux sécréteurs des Gutlifères (Clusiacées) est tout à fait différente quand ces canaux se développent dans le cylindre central de la racine.

Tigelle. — Si l'on examine une coupe transversale faite au milieu d'une tigelle de l'*Hypericum perforatum*, on observe un épiderme et une écorce pareils à l'épiderme et à l'écorce d'une tigelle plus jeune qui ont été décrits plus haut. L'endoderme, ici, présente des plissements plus nets. Dans le cylindre central, (Pl. V, fig. 4) on constate que le pérycclique présente des cellules en division en face de chacun des deux faisceaux ligneux. Ces faisceaux ligneux sont formés chacun d'abord par deux vaisseaux à disposition alterne, confluent en une bande diamétrale par la formation d'un vaisseau primaire qui occupe l'axe du cylindre central. De part et d'autre de cette bande de tissu ligneux, on observe d'autres vaisseaux intermédiaires et superposés au liber. Entre le liber et le bois, des cloisonnements secondaires se montrent formant l'assise génératrice.

(1) *Loc. cit.*

Au point de vue de l'appareil sécréteur, cette figure nous montre les canaux sécréteurs primaires d'origine péricyclique situés chacun de part et d'autre de chaque faisceau libérien ; dans ce cas particulier un des faisceaux libériens possède deux canaux de chaque côté, cela tient à ce que de chaque côté une cellule péricyclique, par deux divisions successives, a donné naissance à deux canaux sécréteurs.

Enfin, l'examen de coupes faites un peu plus haut nous fait voir la disparition des vaisseaux primaires qui formaient la bande vasculaire médiane, laissant à leur place sur un certain parcours une lacune médiane, qui sera comblée par les nouveaux éléments qui se forment. L'assise génératrice fonctionne avec activité, de grands vaisseaux superposés à différenciation centrifuge se formeront et la structure secondaire s'établit.

La structure du cotylédon ne diffère pas sensiblement de celle d'une plantule plus jeune.

Plantule très âgée. — Prenons maintenant une plantule d'*Hypericum perforatum* plus âgée encore, dont la jeune tige porte trois ou quatre paires de feuilles opposées.

La tigelle (Pl. VI, fig. 9) a son épiderme et son écorce en voie d'exfoliation par suite de la formation du périderme qui est d'origine péricyclique. L'endoderme subit de nombreux cloisonnements dans le sens radial et suit ainsi, au début, l'épaississement de la tigelle ; il n'est exfolié que plus tard. Le cylindre central, très développé, est occupé par un gros cordon fibreux et vasculaire central où toute trace de la structure antérieure, binaire avec disposition alterne, a disparu. Le liber forme un anneau continu. Les canaux sécréteurs sont abondants, soit dans le liber secondaire, soit dans le péricycle qui est plurisériel. Le liber primaire, écrasé, a disparu.

L'origine péricyclique du périderme des Hypéricacées dans la tige a déjà été observée par MM. Van Tieghem (1), Morot (2), Douliot (3), Weill (4), mais n'avait jamais été étudiée dans la tigelle.

(1) Van Tieghem, *Second mémoire sur les canaux sécréteurs*, p. 53.

(2) Morot, *Recherches sur le péricycle* (Ann. Sc. nat., 6^e série, t. XX, 1884).

(3) Douliot, *Recherches sur le périderme* (Ann. Sc. nat., 7^e série, t. X, 1889).

(4) Weill, *Recherches histologiques sur la famille des Hypéricacées* (Thèse de Pharmacie, Paris, 1903).

Haronga.**EMBRYON.**

L'embryon de l'*Haronga paniculata* Pers. (*H. madagascariensis* Chois.), seule espèce du genre d'après Engler, est très petit et mesure à peine un millimètre de longueur; il est ovoïde, allongé, souvent légèrement arqué. Cet embryon présente une très petite radicule, une tigelle assez développée et deux cotylédons qui forment un peu plus de la moitié de l'embryon. Les cotylédons sont libres, semi-cylindriques, plus ou moins aplatis.

Comme celui des *Hypericum*, l'embryon d'*Haronga* est riche en substances oléagineuses. Toutes les cellules de cet embryon, et surtout les cellules corticales, ont un protoplasme granuleux avec de fines gouttelettes oléagineuses.

Pour étudier la structure de cet embryon, pratiquons des coupes en série en partant de la région radiculaire jusque dans les cotylédons.

Radicule. — Une coupe transversale dans la radicule nous montre seulement une écorce ayant les cellules disposées en séries radiales et un cylindre central dans lequel l'appareil conducteur n'est pas différencié.

Tigelle. — La tigelle présente un épiderme recouvert d'une mince cuticule, en dedans duquel l'écorce forme sept à huit assises de cellules; dans l'assise la plus extérieure, immédiatement sous l'épiderme, on observe six canaux sécréteurs bien formés. Ces canaux sécréteurs naissent par voie schizogène; une cellule sous-épidermique se divise en deux, puis en quatre cellules sécrétrices, puis chacune de ces cellules se divise ensuite tangentiellement. Les mêmes divisions s'opèrent ainsi sur six files longitudinales de cellules sous-épidermiques de telle sorte qu'il se forme six canaux sécréteurs. L'endoderme est dépourvu de plissements; certaines de ses cellules sont divisées tangentiellement.

Le cylindre central est, contrairement à la radicule, pourvu d'un appareil conducteur différencié; sous un péricycle simple se trouvent deux faisceaux libériens représentés chacun par un tube criblé et deux faisceaux ligneux alternes représentés chacun par un ou deux vaisseaux.

Des coupes transversales menées de plus en plus vers le haut de la tigelle montrent que les faisceaux ligneux se continuent dans le même plan vertical, et pénètrent ainsi dans les cotylédons; quant aux faisceaux libériens représentés primitivement chacun par un tube criblé, on voit, à mesure qu'on monte vers le haut à côté du premier tube criblé, apparaître un second tube criblé, de sorte que chaque faisceau libérien est représenté par deux tubes criblés; ceux-ci, en se différenciant sur place, sont de plus en plus écartés l'un de l'autre et séparés par un nombre de plus en plus grand de cellules de conjonctif à mesure qu'on s'approche du nœud cotylédonaire; ces deux tubes criblés correspondant en quelque sorte chacun à un demi-faisceau libérien, se rapprochent ainsi des faisceaux ligneux.

Cotylédon. — Dans une coupe transversale pratiquée dans les deux cotylédons vers leur base on retrouve, dans chaque cotylédon, le faisceau ligneux qui a parcouru la tigelle et qui est entré dans le cotylédon; alternant avec ce faisceau ligneux, de part et d'autre, il y a un tube criblé qui représente le demi-faisceau libérien de la tigelle.

GERMINATION.

Le mode de germination de cet embryon est semblable à celui des *Hypericum*. La radicule sort par une déchirure du tégument de la graine dans la région micropylaire, la tigelle s'allonge aussitôt très vite et présente à sa base comme dans les plantules d'*Hypericum* un renflement indiquant la limite entre la tigelle et la radicule. A la base de ce renflement, on voit une couronne de poils absorbants qui apparaissent de bonne heure et persistent assez longtemps. Les cotylédons, pendant l'allongement de la tigelle, restent encore enfermés dans le tégument de la graine, mais bientôt, en s'accroissant, rejettent le tégument et finissent par s'épanouir. Ces cotylédons sont courtement pétiolés, de forme ovoïde, très souvent cordiformes et alors un peu bifides à leur extrémité.

Plantule jeune. — *Racine.* — La structure de la racine principale est la même que celle d'un *Hypericum perforatum* ou d'un *Hypericum calycinum*. On y trouve le même cylindre

central avec structure binaire et canaux sécréteurs d'origine péricyclique.

Tigelle. — La tigelle d'une plantule très jeune, dont les cotylédons ne sont pas encore bien épanouis, présente, en section transversale, un contour plus ou moins polygonal; l'épiderme a, de distance en distance, des cellules saillantes formant de petites papilles (Pl. VIII, fig. 16).

L'écorce est formée de cinq ou six assises de cellules : dans l'assise la plus externe, sous-épidermique, se trouvent toujours six canaux sécréteurs. Chaque canal sécréteur présente des cellules sécrétrices dédoublées tangentiellement ou, autrement dit, a une lumière entourée par deux assises de cellules sécrétrices. Les cellules de l'écorce ont une forme plus ou moins arrondie et laissent entre elles de petits méats; leur membrane est inégalement épaissie. L'endoderme présente des plissements très caractéristiques.

Le cylindre central est limité par une assise péricyclique. Cette assise est dédoublée en face de chacun des deux faisceaux ligneux. L'appareil conducteur a une disposition alterne du bois et du liber; on observe deux faisceaux libériens comptant chacun cinq à six tubes criblés. Alternant avec ces deux faisceaux libériens, il y a deux faisceaux ligneux, formés chacun par quatre ou cinq vaisseaux qui, se touchant entre eux, confluent en une bande diamétrale. Dans ce cylindre central, les canaux sécréteurs n'ont pas encore fait leur apparition, on verra qu'ils se développent un peu plus tard.

Dans la région supérieure de la tigelle, au voisinage des cotylédons, les deux faisceaux libériens se séparent chacun en deux groupes qui s'écartent de plus en plus l'un de l'autre en se rapprochant des faisceaux ligneux. J'ai figuré (Pl. VIII, fig. 17) la structure du cylindre central dans cette région : on distingue nettement les quatre demi-faisceaux libériens; on remarque aussi, que dans les faisceaux ligneux, les vaisseaux alternes ont disparu, que des vaisseaux intermédiaires ont apparu et que des vaisseaux superposés sont en voie de différenciation; cette disparition des vaisseaux alternes est toute récente car la place de ces vaisseaux est encore indiquée par des lacunes. On remarque également, entre les deux demi-faisceaux libériens, à gauche

de la figure, la différenciation d'un tube criblé, et d'un vaisseau de bois en superposition avec lui : c'est la première apparition d'un faisceau caulinaire.

Sur des coupes transversales pratiquées de plus en plus près du nœud cotylédonaire, il est à remarquer que, dans un faisceau ligneux, les vaisseaux alternes et intermédiaires s'arrêtent dans leur développement au nœud cotylédonaire de sorte que dans le cotylédon correspondant on ne trouve que des vaisseaux secondaires; dans l'autre faisceau, au contraire, les vaisseaux alternes disparaissent mais les vaisseaux intermédiaires persistent encore, et on les retrouve à la base dans le cotylédon correspondant.

Cotylédon. — Une coupe transversale faite dans la même plantule à la base des cotylédons dans les pétioles cotylédonnaires (Pl. VIII, fig. 18) nous fait voir dans un cotylédon, outre quelques vaisseaux superposés, les deux vaisseaux intermédiaires de la tigelle et entre eux la lacune occupant la place des vaisseaux alternes qui ont disparu. Dans l'autre cotylédon il n'y a que des vaisseaux secondaires. La disposition de l'appareil conducteur est donc superposée dans les deux cotylédons, seulement dans un des deux, le développement de cet appareil a été un peu plus lent.

L'épiderme de ces pétioles cotylédonnaires est papilleux comme celui de la tigelle; les canaux sécréteurs sous-épidermiques s'y retrouvent également.

Plantule âgée. — Nous avons dit que les canaux sécréteurs dans le cylindre central ne sont pas aussi précoces que dans les *Hypericum*; pour les observer, il faut examiner une tigelle qui ait les cotylédons bien épanouis et les premières feuilles commençant à se montrer. En suivant de près leur mode de formation, on constate qu'ils ont une origine péryclicque, comme dans les *Hypericum*.

Faisons une coupe transversale au milieu de cette tigelle. Cette coupe (Pl. VIII, fig. 19) nous fait voir, dans le cylindre central, un appareil sécréteur bien représenté par des canaux sécréteurs résultant chacun de la division d'une cellule péryclicque. Ces canaux sécréteurs sont disposés de part d'autre de chaque faisceau libérien. La disposition de l'appareil conducteur à ce niveau est alterne.

En alternance avec les faisceaux libériens, il y a deux faisceaux ligneux; ces faisceaux ligneux sont formés chacun par des vaisseaux alternes à différenciation centripète, des vaisseaux intermédiaires et des vaisseaux à différenciation centrifuge, superposés au liber. De part et d'autre, entre le bois et le liber, des cloisonnements secondaires se montrent formant l'assise génératrice.

Au fur et à mesure qu'on monte vers le haut de la tigelle, on observe que cette assise génératrice fonctionne avec activité (1). On observe aussi la disparition des vaisseaux alternes, dont la place est indiquée par une lacune, et la formation de nouveaux vaisseaux superposés au liber. En ce qui concerne les deux faisceaux libériens, on les voit se continuant chacun en deux demi-faisceaux qui s'écartent de plus en plus; entre ces deux demi-faisceaux se trouve un faisceau caulinaire (Pl. VIII, fig. 20). Les canaux sécréteurs se continuent aussi, mais, par suite du grand développement des tubes criblés, ils sont englobés dans le liber.

Enfin, plus haut encore, dans une coupe pratiquée tout près des cotylédons (Pl. IX, fig. 22), on voit les faisceaux caulinaires bien formés et, dans les deux faisceaux ligneux qui vont pénétrer chacun dans un cotylédon, on observe la disparition complète des vaisseaux primaires (leur place est seulement encore indiquée par une lacune) et la présence de vaisseaux superposés secondaires. L'assise génératrice fonctionne entre le bois et le liber; la structure secondaire est bien établie et on peut voir, en effet, dans le cotylédon âgé (Pl. VIII, fig. 21) que la disposition de l'appareil conducteur y est nettement superposée; le liber forme toujours deux petits faisceaux en dedans desquels s'observent des files radiales de petits vaisseaux d'origine secondaire. Le liber est recouvert extérieurement par une gaine formée par une assise de petites cellules différentes des cellules du parenchyme voisin. L'épiderme d'un

(1) On voit que l'appareil conducteur a, comme dans *Hypericum*, un développement de plus en plus accéléré à mesure qu'on s'éloigne de la racicule. Ce développement se traduit par le plus grand nombre des éléments libériens, par la réduction progressive des vaisseaux primaires et par l'apparition de plus en plus hâtive des formations secondaires. C'est ce que M. Chauveaud a appelé *accélération basifuge* (Bull. Soc. Bot. France, t. LIII, 1906, p. 374).

tel cotylédon diffère de celui des cotylédons d'*Hypericum* par la présence de nombreuses papilles. Le limbe de ce cotylédon est pourvu de poches sécrétrices vers les bords, et de canaux sécréteurs sous l'épiderme inférieur au voisinage de la nervure (Pl. VII, fig. 14); sous l'épiderme supérieur, on observe une assise palissadique nette. Dans la nervure, on observe une disposition superposée du bois et du liber.

Il est à remarquer que dans ces plantules on peut tracer facilement la limite entre la racine et la tigelle non seulement par l'épiderme et par le petit renflement de la base de la tigelle, mais aussi par l'appareil sécréteur qui est représenté dans la tigelle par six canaux sous-épidermiques qui ne passent pas dans la racine.

RÉSUMÉ DES HYPÉRICACÉES

L'étude des genres *Hypericum* et *Haronga* qui constituent deux types différents d'Hypéricacées, montre que les embryons et les plantules en germination présentent une série de caractères spéciaux.

Les embryons, très petits, contiennent dans leurs cellules toutes les substances de réserve nécessaires à la germination. Ces embryons ont une tigelle plus ou moins longue, non tuberculisée, et portant deux petits cotylédons. Lors de la germination, la tigelle s'allonge très vite, puis les cotylédons s'épanouissent tandis que la radicule se développe et devient la racine principale de la plante. Ce mode de germination se rapproche de celui que nous retrouverons dans les Clusiées parmi les Guttifères.

L'appareil conducteur de l'embryon est à peine différencié; on n'observe de vaisseaux ligneux et de tubes criblés à peine formés que dans la partie supérieure de la tigelle et que dans les cotylédons à la base. Ces éléments ne sont pas différenciés dans la plus grande partie des cotylédons, dans la moitié inférieure de la tigelle et dans la radicule.

L'embryon est dépourvu de canaux sécréteurs péricycliques; ceux-ci n'apparaissent qu'au moment de la germination. La tigelle du genre *Haronga* possède des canaux sécréteurs sous-épidermiques. Les cotylédons des *Hypericum* ont, dès le début

de la germination, de petites poches sécrétrices ébauchées qui manquent dans l'*Haronga* à ce stade.

Dans les plantules, la racine principale est toujours binaire; elle possède toujours des canaux sécréteurs et un périderme d'origine péricyclique; elle est dépourvue de canaux sécréteurs corticaux.

La tigelle d'une plantule en germination a un cylindre central avec une structure binaire; l'appareil conducteur a une disposition alterne du bois et du liber. Il y a toujours des canaux sécréteurs péricycliques; mais ceux-ci apparaissent plus tardivement dans le genre *Haronga* que dans le genre *Hypericum*. Il n'y a jamais de canaux sécréteurs corticaux dans la tigelle des *Hypericum*, même dans les espèces qui en possèdent dans leur tige. Dans le genre *Haronga*, il y a des canaux sécréteurs sous-épidermiques. Le périderme est d'origine péricyclique.

Les cotylédons présentent un appareil conducteur à disposition superposée dans le genre *Hypericum*. Dans le genre *Haronga*, tout à fait au début de la germination, le bois et le liber sont alternes; plus tard, les vaisseaux alternes disparaissent et de nouveaux vaisseaux se forment en superposition avec le liber. Il y a des poches sécrétrices sur le pourtour du limbe et des canaux sécréteurs au voisinage de la nervure. Dans l'*Haronga* les cotylédons ont en outre, dans leur pétiole, des canaux sécréteurs sous-épidermiques semblables à ceux de la tigelle.

Il y a toujours au sommet des cotylédons, à l'extrémité de la nervure médiane, un stomate aquifère, de structure normale, qui est déjà ébauché dans l'embryon seulement gonflé par l'eau.

La limite de la tigelle et de la racine est indiquée par l'interruption de l'épiderme et des canaux sécréteurs corticaux, qui dans la tigelle de l'*Haronga* ne passent pas dans la racine. La structure de ces deux membres est semblable au point de vue de l'appareil conducteur. Au sommet de la tigelle, chaque faisceau libérien se continue en deux moitiés qui s'écartent l'une de l'autre et passent dans le cotylédon correspondant, les vaisseaux alternes s'atrophient et les vaisseaux de formation secondaire superposés, seuls, subsistent dans les cotylédons.

Les vaisseaux de la tige sont en continuité avec des vaisseaux d'origine secondaire de la tigelle.

GUTTIFÈRES

Dans cette famille (1) je distinguerai avec Planchon et Triana trois types d'embryons. On verra que ces trois types d'embryons qui caractérisent des tribus, se distinguent non seulement par leur morphologie, mais aussi par leur mode de germination, chaque type ayant un mode de germination qui lui est propre.

Ainsi, le premier type d'embryon, à radicule petite, à tigelle grosse et à cotylédons petits, caractérisera la tribu des *Clusiées*. Pendant la germination, la radicule donne la racine principale, la tigelle s'allonge et les

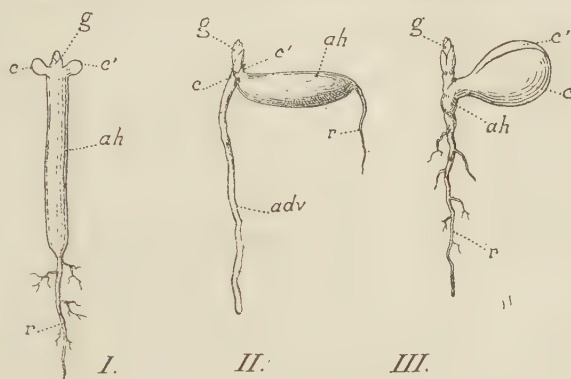


Fig. 1. — Schéma représentant le mode de germination des trois types d'embryons de Guttifères. — I. *Clusiées* : la tigelle s'allonge, les cotylédons petits deviennent foliacés, la radicule devient la racine principale de l'arbre. — II. *Moronobées*, *Garciniées* : la tigelle tuberculisée ne s'allonge pas; les cotylédons restent écailleux; une racine adventive, développée à la base de la tige, devient la racine principale de l'arbre. — III. *Calophyllées* : les cotylédons sont tuberculisés et présentent un pétiole net; la tigelle est réduite, la radicule devient racine principale de l'arbre; ah, tigelle; c', cotylédons; r, radicule; g, gemmule; adv, racine adventive.

petits cotylédons s'accroissent et deviennent foliacés. Sur cette tigelle allongée, vers la base, on observe des racines adventives, mais, contrairement à ce qui advient dans d'autres types, jamais le rôle de racine principale ne semble dévolu à ces racines adventives (fig. 1, I).

Le second type d'embryon présente une tigelle énorme, tuberculisée, avec une radicule très réduite et des cotylédons

(1) Planchon et Triana dans leur important mémoire admettaient les *Quiinées* comme cinquième tribu des Guttifères. Mais les *Quina* doivent être exclus des Guttifères : ils forment une petite famille à part (Voy. Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes*, Ann. Sc. nat., 7^e série, t. I, 1885, p. 38, et les *Éléments de Botanique*, 4^e édition, t. II, p. 642; voir aussi Engler *Pflanzenfam.*). Pour la classification des Guttifères, voir l'excellente monographie de Vesque, *Guttiferæ*, A. et C. de Candolle, *Monogr. Phan.*, vol. VIII, 1893.

extrêmement petits. Ces cotylédons sont écailleux, imbriqués et protègent le sommet de la gemmule. Ce second type d'embryon présente un mode de germination tout à fait différent de celui du premier type. Ici la radicule est transitoire et la racine principale de l'arbre provient d'une première racine adventive née à la base de la jeune tige. La tigelle ne s'accroît et ne s'allonge pas et les cotylédons s'épanouissent mais ne prennent jamais l'aspect foliacé comme ceux du premier type, ils restent toujours écailleux ; la jeune tige pousse très vite et les premières feuilles formées sont très réduites, écailleuses ; ce n'est qu'après la formation de deux ou trois verticilles de feuilles écailleuses que les deux premières feuilles semblables aux feuilles de l'arbre se forment. Ce second type caractérise les tribus des *Moronobées* et des *Garciniées* (fig. 1, II).

Dans le troisième type d'embryon, la tigelle est très réduite, la radicule est extrêmement petite, mais les cotylédons prennent un développement considérable, deviennent tuberculeux et accumulent des matériaux de réserve ; ce sont donc ici les cotylédons, et non la tigelle, qui contiennent les réserves nécessaires au développement ultérieur de la plante.

Par le mode de germination ce troisième type diffère aussi des deux précédents. En effet, ici, la radicule forme la racine principale de l'arbre comme dans le premier type, mais la tigelle ne s'allonge que très peu et les cotylédons restent toujours accolés et enfermés dans le tégument de la graine ; seuls les pétioles cotylédonaires sortent du tégument en s'écartant un peu pour laisser libre passage à la gemmule qui se développera rapidement en une jeune tige avec premières feuilles écailleuses comme dans le type précédent.

Ce troisième type d'embryon caractérise la tribu des *Calophyllées* (fig. 1, III).

PREMIER TYPE

EMBRYON

J'ai étudié comme exemple du premier type l'embryon de *Clusia rosea* (1).

(1) Les graines de *Clusia rosea* proviennent de la Guadeloupe. Elles ont été envoyées à M. le Professeur J. Costantin, par le Révérend Père Duss.

L'embryon de *Clusia rosea* est cylindrique, mesurant en général 7 à 8 millimètres de longueur et 2 millimètres de largeur. La radicule est très petite, la tigelle forme la presque totalité de l'embryon, elle est cylindrique et surmontée d'un mamelon formé de deux cotylédons très petits mais bien distincts.

Une coupe transversale (fig. 23, Pl. IX) faite au milieu de la tigelle d'un embryon non germé nous fait voir un épiderme à cellules petites, remplies toutes de produits de sécrétion, une écorce bien développée, bourrée de substances grasses et dépourvue d'amidon; des méats de forme triangulaire sont ménagés entre les cellules corticales. Ces méats sont également remplis de produits de sécrétion.

L'écorce présente deux cercles de canaux sécréteurs; le premier cercle, placé immédiatement sous l'épiderme, est formé en général de 25 à 30 canaux sécréteurs (1), le second, plus profond, situé au milieu de l'écorce, est formé en général de 5 à 6 canaux sécréteurs.

M. Van Tieghem (2), en décrivant l'embryon de *Clusia rosea*, n'indique dans l'écorce de cet embryon qu'un seul cercle de canaux sécréteurs.

Sur une dizaine d'embryons de *Clusia rosea* dont j'ai étudié la structure, j'en ai trouvé huit possédant un second cercle de canaux sécréteurs formé de 3 à 6 canaux et sur deux embryons seulement, le second cercle était réduit à 2 canaux sécréteurs. L'absence du cercle interne de canaux sécréteurs me semble anormale dans l'espèce que j'ai étudiée.

L'écorce est limitée à l'intérieur par un endoderme très net.

Le cylindre central ne présente pas de canaux sécréteurs et l'appareil conducteur n'est pas encore différencié. On remarque seulement une ébauche de quatre faisceaux libériens.

Une coupe longitudinale axiale (Pl. IX, fig. 24) d'un tel

(1) M^{lle} Leblois, dans ses *Recherches sur l'origine et le développement des canaux sécréteurs et des poches sécrétrices* (Ann. Sc. nat., 7^e série, t. VI, p. 289, fig. 85) donne une figure d'un canal sécréteur de la tigelle de *Clusia rosea*.

(2) Ph. Van Tieghem, *Second mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes* (Ann. Sc. nat., 7^e série, t. I, 1885, p. 41. On sait qu'il existe, d'après Vesque, trois espèces qui ont été appelées *Clusia rosea* : *Clusia rosea* L., *Clusia grandiflora* Splitz. (*Cl. rosea* Ch. Lemaire) et *Clusia Hilariana* Schlecht (*Cl. rosea* Cambess.). M. Van Tieghem a peut-être examiné une espèce différente de celle que j'ai étudiée.

embryon est intéressante parce qu'elle nous montre la différenciation précoce de l'appareil sécréteur qui est représenté par des canaux sécréteurs prenant naissance tout près des cellules initiales de l'écorce de la radicule, bien avant la différenciation de l'appareil conducteur.

Les canaux sécréteurs, dont on a vu l'origine au voisinage des initiales de l'écorce, se continuent en ligne droite dans la racine et tout le long de la tigelle jusqu'à l'extrémité des cotylédons, comme le montre la figure 24 de la planche IX.

Dans les cotylédons d'un embryon non germé, l'appareil conducteur est déjà bien ébauché, mais pas encore différencié (Pl. IX, fig. 25).

On trouve dans les cotylédons, de même que dans la radicule et dans la tigelle, des substances graisseuses en grande quantité, répandues dans toutes les cellules et, par-ci par-là, des cellules remplies de substances oléorésineuses jaunâtres. Ces substances se trouvent surtout en grande abondance dans les cellules épidermiques.

Enfin, dans cette même coupe axiale (Pl. IX, fig. 25), on voit, au sommet de la tigelle, dans l'écorce, des méats sécréteurs et, dans deux de ces méats, à gauche du cylindre central, on distingue encore des produits de sécrétion qui ont été noircis et durcis par le fixateur Flemming. Avec l'orcanette acétique le contenu de ces méats présente la couleur caractéristique des produits de sécrétion.

GERMINATION.

Je ne peux, à mon grand regret, donner aucune indication sur le mode de germination du *Clusia rosea* dont je viens d'étudier la structure. J'ai mis des graines en germination dans les serres du Muséum et, sous châssis chaud, au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau et pas une seule ne s'est développée.

M. le Professeur Costantin m'a aimablement fait parvenir des plantules un peu âgées de *Clusia minor* L. qui avaient trois paires de feuilles opposées; je pourrai donc, tout au moins, donner quelques détails sur la morphologie de ces plantules. On constate, tout d'abord, que c'est la radicule qui

devient la racine principale de la plante ; dans mes échantillons, la tigelle avait 30 millimètres de long et les cotylédons, un peu réniformes, étaient foliacés avec un pétiole cotylédonaire très court mais distinct. Chaque cotylédon mesurait environ 25 millimètres carrés. Quelques grêles racines adventives prenaient naissance à la base de la tigelle.

La racine principale nous montre, en coupe transversale, une écorce bien développée dans laquelle on observe, outre un cercle de canaux sécréteurs situés dans la troisième assise en dedans de l'assise pilifère, un début de périderme d'origine périphérique prenant naissance sous l'assise pilifère. Le périderme se forme donc ici de la même manière que dans la racine de *Clusia flava* dont M. Van Tieghem a donné la description (1).

Dans le cylindre central, les formations secondaires sont développées, il y a quatre faisceaux libériens et quatre faisceaux ligneux ; ce cylindre central est dépourvu de canaux sécréteurs.

Dans la tigelle âgée, l'écorce présente un cercle de canaux sécréteurs, situés vers la périphérie. Le périderme est bien formé et a une origine très superficielle. Dans le cylindre central, on constate la trace de quatre faisceaux ligneux primaires qui ont disparu ; dans le liber il n'y a pas de canaux sécréteurs alors qu'il y en avait dans le liber de la racine.

Dans les cotylédons âgés, on observe dans le pétiole une nervure avec le bois superposé au liber formant un arc à convexité dorsale dans lequel il semble qu'on doive distinguer deux faisceaux.

DEUXIÈME TYPE

J'ai étudié dans ce deuxième type les genres : *Symphonia* L., *Allanblackia* Oliv. et *Pentadesma* Sabine parmi les Moronobées et, dans le genre *Garcinia*, les deux sous-genres *Xanthochymus* Roxb. et *Eugarcinia* Vesque parmi les Garciniées.

Symphonia globulifera L.

EMBRYON.

L'embryon est représenté par une énorme tigelle tubercu-

(1) Ph. Van Tieghem, *Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires*. Premier mémoire : *La racine* (Ann. Sc. nat., 5^e série, t. XIII, 1870, p. 260), et *Traité de Botanique*, 2^e édition, p. 716.

lisée, par une radicule extrêmement petite et par des cotylédons réduits à de minuscules écailles; la gemmule est bien développée.

L'embryon est globoïde, réniforme, mesurant d'habitude 35 millimètres de longueur, 20 à 25 millimètres de largeur et 18 à 20 millimètres d'épaisseur. Il présente une surface parcourue par de grands sillons assez profonds disposés parallèlement suivant sa longueur. Ces grands sillons, de place en place, sont reliés entre eux par des sillons obliques.

L'examen de coupes transversales menées au milieu de la tigelle d'un embryon non germé montre tout d'abord un grand nombre de canaux sécréteurs épais pouvant s'anastomoser et se ramifier et, ensuite, la présence d'une grande quantité de substances graisseuses tant dans la région corticale que dans la région médullaire.

L'épiderme est formé de petites cellules recouvertes d'une cuticule très mince.

La région corticale, bien développée, est représentée par des cellules polyédriques contenant des substances graisseuses solidifiées et cristallisées en un paquet de fines aiguilles, comme dans l'embryon de *Garcinia silyguifolia* dont on lira plus loin la description.

Tant dans le parenchyme cortical que dans le parenchyme médullaire, on trouve des canaux sécréteurs qui commencent à s'oblitérer: les cellules sécrétrices s'hypertrophiant se divisent activement, remplissent bientôt toute la cavité du canal et, par ce fait, ce canal sécréteur cesse de fonctionner; pendant ce temps, d'autres canaux sécréteurs se forment, surtout près du liber, mais aussi dans la région médullaire de l'embryon.

On voit donc combien la fonction sécrétrice est active dans l'embryon de cette Moronobée et, avant même que l'embryon germe, on assiste à la disparition de certains canaux sécréteurs et à la formation de nouveaux canaux.

L'appareil conducteur est disposé suivant un cercle, exactement comme dans la tigelle d'*Allanblackia saculeuxii* que nous allons voir plus loin. Il y a un cercle continu de tubes criblés, au-dessous desquels se trouvent, de place en place et assez rapprochés, des groupes de vaisseaux. De distance en distance, on

voit aussi, en dedans des tubes criblés et des vaisseaux, dans la région pérимédullaire, de petits canaux sécréteurs nouvellement formés.

GERMINATION.

Malgré la grande quantité de graines mises à germer, je n'ai pu, pendant longtemps, obtenir aucune plantule; il y avait toujours un commencement de germination qui se manifestait par la sortie de la gemmule, mais le développement ultérieur était arrêté.

En faisant une coupe axiale longitudinale dans la partie radiculaire de ces embryons qui présentaient un début de germination, j'ai toujours observé la formation d'un liège au sommet de la radicule sur l'emplacement même des initiales de la racine. Il y avait donc une destruction du méristème terminal de la radicule et par conséquent un arrêt dans le développement de cette radicule.

C'est seulement pendant l'impression de ce travail que j'ai pu enfin étudier les plantules développées qui me furent aimablement envoyées par M. Costantin; le temps m'a manqué pour faire une étude approfondie de ces plantules, mais je pense qu'il est utile de décrire brièvement leur structure.

Le mode de germination est conforme au deuxième type dont j'ai déjà parlé : la radicule se développe, donne d'assez nombreuses radicelles, mais sa croissance est très vite dépassée par celle d'une racine adventive qui se forme à la base de la jeune tige; les premières feuilles de cette jeune tige sont écailleuses; la tigelle et les cotylédons ne s'accroissent sensiblement pas.

La radicule, près du sommet, montre, sous l'assise pilifère, une assise subéreuse tout à fait semblable à celle du *Xanthochymus pictorius* décrit plus loin. L'écorce est formée de cellules arrondies présentant entre elles des méats, et contenant de place en place, des mâcles en oursins; l'endoderme présente des plissements nets. Le cylindre central comprend, sous un péricycle dédoublé en face des faisceaux du bois, huit faisceaux ligneux formés de un ou deux vaisseaux et huit faisceaux libé-

riens alternes, comptant de trois à cinq tubes criblés. Vers sa base, cette racine possède une moelle complètement sclérifiée et des canaux sécréteurs ont apparu, dans le liber, avec les formations secondaires libéroligneuses.

La racine adventive diffère de la racine principale par le plus grand nombre de faisceaux libériens et ligneux (quatorze) et par la présence, en dedans de l'assise subéreuse, dans les assises corticales les plus externes, de cellules sclérifiées. Les canaux sécréteurs se développent, comme dans la racine, avec les formations secondaires. Le périderme est d'origine superficielle.

La tigelle ne diffère pas comme structure de la tigelle de l'embryon; on y retrouve les mêmes corps gras cristallisés en longues et fines aiguilles. Les formations secondaires sont plus développées dans les faisceaux qui sont distincts.

Allanblackia Sacleuxii Hua (1).

EMBRYON.

Une énorme tigelle tuberculisée constitue la presque totalité de l'embryon; la radicule est très petite et les cotylédons sont écailleux et extrêmement réduits. L'embryon mesure 35 à 40 millimètres de longueur, 25 millimètres de largeur et 15 à 20 millimètres d'épaisseur.

Un fait caractéristique au point de vue de la structure de cet embryon non germé, est la présence d'un périderme d'origine sous-épidermique (Pl. IX, fig. 26). Ainsi la tigelle se trouve protégée de très bonne heure. Les petites cellules épidermiques de cette tigelle possèdent une cuticule très mince. La région corticale est représentée par des cellules de forme hexagonale, leurs membranes présentent des épaissements inégaux.

Toutes les cellules corticales sont remplies de substances grasses solides et cristallisées de la même manière que les substances grasses de l'embryon de *Garcinia sizygiifolia* (Pl. XIII, fig. 55).

(1) Espèce due au R. P. Sacleux et originaire de l'Afrique tropicale (Zanguebar); elle a été décrite par M. Hua en 1896 (Bull. du Mus. d'Hist. nat. de Paris, n° 4).

Un cercle de canaux sécréteurs se trouve dans la troisième ou quatrième assise sous-épidermique. Ces canaux sécréteurs sont très petits, de la même taille qu'une cellule corticale. Les cellules sécrétrices sont au nombre de 8 à 10; leur taille est extrêmement réduite et elles ont des membranes très minces.

L'assise endodermique n'est pas reconnaissable, de même que le péricycle: la limite entre l'écorce et le cylindre central ne peut être tracée que grâce au cercle continu de liber, en dessous duquel se trouvent, de place en place, des groupes de quatre à huit vaisseaux (Pl. IX, fig. 27). A l'intérieur de ce cercle, la région médullaire est presque semblable par ses cellules à la région corticale. La membrane des cellules de la moelle présente les mêmes épaisissements et les mêmes ponctuations que celles de l'écorce.

Le parenchyme médullaire contient, comme le parenchyme cortical, beaucoup de substances oléagineuses solidifiées et cristallisées.

On extrait des embryons d'*Allanblackia* une sorte de beurre connu sous le nom de *beurre de Bouandja* (1).

GERMINATION.

Le mode de germination d'*Allanblackia Sacleuxii* Hua est tout à fait semblable à celui de *Xanthochymus* (dont je donnerai plus loin la description détaillée) et de toutes les autres *Garciniées*.

Pendant la germination, la grosse tigelle reste à peu près de même dimension. Par les réserves qu'elle renferme, elle joue un rôle nutritif pendant le développement de la plante. La germination débute par l'allongement de la radicule, tandis qu'au pôle opposé, une jeune tige commence à pousser. A la base de cette tige et tout près de la grosse tigelle, naît une racine adventive.

C'est cette racine adventive qui plus tard constituera la racine principale de la plante adulte.

Grâce à l'obligeance de M. le Professeur J. Costantin, j'ai eu

(1) Voy. Edouard Heckel, *Sur les graines de l'Allanblackia et sur le beurre de Bouandja qu'elles contiennent* (C. R., t. CXXVIII, 1899, p. 460 462).

à ma disposition un pied d'*Allanblackia Sacleuxii* âgé de trois ans. La plante a germé dans les serres du Muséum, elle a été conservée dans l'alcool après sa mort. J'ai pu très bien étudier la structure de la tigelle, la structure secondaire de la racicule et celle de la racine adventive:

Les jeunes parties des racines (racicule et racine adventive) étaient détériorées et je n'ai pu malheureusement voir leur structure primaire.

En faisant une coupe transversale (Pl. IX, fig. 28) au milieu de cette tigelle âgée de trois ans, on constate le grand développement de l'appareil conducteur : les vaisseaux du bois sont sériés et séparés par des rayons médullaires. Un très grand nombre de tubes criblés se sont formés, et, en même temps, on constate de nombreux canaux sécréteurs à tous les stades de développement qui se forment tout autour du liber. Tous ces canaux sécréteurs sont schizogènes et tous, dans cette région, se sont formés pendant la germination, car, dans l'embryon non germé, ils existaient seulement dans la région corticale la plus externe et en nombre très restreint.

Les coupes transversales menées dans la racicule et dans la racine adventive (future racine principale) nous montrent la présence de canaux sécréteurs dans le liber; par contre, dans l'écorce, ils font totalement défaut.

Dans la racine, le périderme est d'origine superficielle.

***Pentadesma butyracea* Sabine.**

EMBRYON.

Comme il a été dit dans la partie historique de ce travail, l'embryon de *Pentadesma butyracea* a fait l'objet d'une étude de la part de M. Ph. Van Tieghem.

M. Van Tieghem décrit un appareil sécréteur diffus, qu'il a trouvé le premier dans cet embryon non germé. J'ai reproduit cette description plus haut dans l'historique.

L'embryon de *Pentadesma* est représenté par une énorme tigelle tuberculisée, constituant à elle seule presque tout l'embryon. La racicule est très petite et les deux cotylédons, très

réduits, forment de petites écailles bien visibles qui protègent la gemmule.

L'embryon mesure 40 à 45 millimètres de longueur, 25 à 30 millimètres de largeur et 10 à 15 millimètres d'épaisseur.

Une coupe transversale faite au milieu de la tigelle présente (Pl. XII, fig. 47), sous un épiderme formé de petites cellules, recouvertes d'une cuticule bien développée, un parenchyme représenté par des cellules plus ou moins allongées radialement et se continuant sans interruption jusqu'au centre, sans qu'il soit possible de délimiter l'écorce du cylindre central. Il n'y a ni endoderme, ni péricycle différenciés.

Au sein de ce parenchyme, se trouvent des faisceaux conducteurs disposés isolément suivant un cercle. La grande majorité de ces faisceaux conducteurs sont représentés seulement par du liber (Pl. XII, fig. 48).

Un petit nombre de ces faisceaux conducteurs sont représentés par du bois et du liber et, dans ce cas, on trouve souvent le bois entouré par le liber.

On voit donc que cet embryon est différent de celui de *Symphonia* et d'*Allanblackia* où on a vu le liber formant un anneau continu séparant une région corticale d'une région médullaire. De plus, dans la tigelle de *Symphonia* et dans la tigelle d'*Allanblackia*, il y a un appareil sécréteur différencié; cet appareil est représenté par une multitude de canaux sécréteurs, tant dans l'écorce que dans la moelle, dans la tigelle de *Symphonia*, ou par un nombre très restreint de petits canaux sécréteurs corticaux dans la tigelle d'*Allanblackia*; au contraire, l'appareil sécréteur dans la tigelle de *Pentadesma* est diffus, la sécrétion s'opérant dans toutes les cellules du parenchyme cortical et médullaire sans qu'il y ait ni canaux ni poches différenciés.

Par la disposition et la structure des faisceaux conducteurs, l'embryon de *Pentadesma* se rapproche de l'embryon de *Xanthochymus*, décrit plus loin. D'ailleurs Vesque (1), dans sa monographie, se basant sur la structure de la feuille (épiderme, stomates, etc.), fait de ce genre le passage entre les *Moronobées* et les *Garciniées*.

(1) *Loc. cit.*, p. 248.

En ce qui concerne la germination je n'ai malheureusement pu avoir de plantules. Mais la seule considération de cet embryon, avec tigelle tuberculisée et bourrée de substances de réserves, permet d'affirmer que le mode de germination est pareil à celui d'*Allanblackia*.

***Xanthochymus pictorius* Roxb.**

EMBRYON.

M. Van Tieghem (1), dans son second mémoire sur les canaux sécréteurs, étudie cet embryon au point de vue de l'appareil sécréteur. L'embryon de *Xanthochymus pictorius* mesure en général 40 millimètres de longueur sur 18 à 20 millimètres de largeur. Il est représenté par une radicule très peu développée, par une énorme tigelle tuberculisée, de forme ovoïde, allongée, légèrement comprimée dans le sens longitudinal et formant à elle seule presque tout l'embryon, car les deux petits cotylédons qu'elle porte sont extrêmement petits, imbriqués, protégeant ainsi le sommet de la gemmule. Le sommet de cette tigelle, au voisinage des cotylédons, présente un petit mamelon aplati situé dans un plan coupant les cotylédons par leur milieu.

Cette disposition est mise en évidence dans la microphotographie reproduite dans la Planche X, fig. 29 qui montre en outre l'ébauche de l'appareil conducteur non encore différencié dans les cotylédons d'un embryon n'ayant pas germé.

Des coupes transversales pratiquées au milieu d'un embryon non germé de *Xanthochymus pictorius* présentent une forme ovoïde; à la périphérie, il y a un épiderme à cellules petites avec une cuticule assez développée. Un cercle de faisceaux conducteurs disposés isolément fait la séparation entre la moelle à l'intérieur et l'écorce à l'extérieur. Il n'y a pas de distinction entre le parenchyme médullaire et le parenchyme cortical, toutes les cellules sont pareilles, toutes sont bourrées d'amidon. Tout l'embryon contient une multitude de poches et surtout de canaux sécréteurs disposés dans toutes les directions et

(1) *Loc. cit.*, p. 41.

sécrétant un latex oléorésineux, jaune clair et opaque, qui est une sorte de gomme gutte.

Les poches sécrétrices et les canaux sécréteurs sont tapissés de petites cellules sécrétrices à membrane cellulosique très mince. Le protoplasma de chaque cellule sécrétrice présente un aspect finement granuleux, avec un noyau assez grand. Il n'y a pas de grains d'amidon dans les cellules sécrétrices mais il y a beaucoup de substances oléorésineuses sous forme de toutes petites gouttelettes.

Il est intéressant de noter dans ces coupes transversales que dans le cercle de faisceaux conducteurs, il y a des faisceaux formés seulement par du liber, d'autres formés par du liber et du bois ayant la structure superposée, d'autres qui sont bicollatéraux ayant du liber développé du côté de la moelle, et d'autres enfin à structure concentrique.

Dans une microphotographie (fig. 30, Pl. X) on voit le commencement de cette structure concentrique avec l'assise génératrice qui fonctionne tout autour du bois.

Dans ce même embryon non germé, en faisant une coupe transversale à la base de la tigelle, on observe, dans le cylindre central, l'appareil conducteur disposé suivant un cercle fermé avec sept à huit groupes de tubes criblés représentant autant de faisceaux libériens, et, alternant avec eux, autant de faisceaux ligneux, ayant un, deux ou trois vaisseaux.

La région corticale possède de nombreux canaux sécréteurs, tandis que la région médullaire, peu développée, en est complètement dépourvue. Ici l'endoderme est nettement caractérisé par ses plissements.

Le péricycle est tantôt simple ou double en face des faisceaux ligneux et manque parfois en face des faisceaux libériens, de sorte qu'on voit des tubes criblés touchant l'endoderme.

GERMINATION (1).

Dans de bonnes conditions, une graine de *Xanthochymus*

(1) Lubbock (*loc. cit.*, p. 233-234) décrit sommairement la germination de *Xanthochymus pictorius*, en nous donnant une figure représentant seulement la jeune tige avec les feuilles écailleuses et les deux premières feuilles sem-

pictorius germe au bout de dix à quinze jours. Les premiers signes de la germination se manifestent d'abord par la sortie de la radicule qui commence à s'allonger en se couchant vers le bas pour s'enfoncer dans la terre, puis au pôle opposé les petits cotylédons s'épanouissent, laissant sortir la gemmule. Aussitôt que la gemmule commence à pousser, on voit, à sa base, sortir



Fig. 2. — Plantule de *Xanthochymus pictorius* montrant la radicule très grêle, la racine adventive très développée, et la jeune tige portant des premières feuilles écailleuses et une paire de feuilles normales.

une racine adventive destinée à prendre plus tard le rôle de racine principale.

La jeune tige pousse très vite et les premières feuilles qui prennent naissance sont écailleuses et très réduites.

Aussitôt que les deux premières feuilles semblables aux feuilles de l'arbre adulte ont apparu, la croissance et l'allongement de la jeune tige sont arrêtés, le sommet végétatif cessant pour quelque temps de fonctionner.

Pendant ce temps, la radicule continue à s'allonger, mais elle est vite dépassée en longueur et

en épaisseur par la première racine adventive qui s'accroît et s'allonge rapidement.

La tigelle tuberculisée n'augmente pas de volume et ne s'allonge pas. Elle sert, par les substances de réserves accumulées, à nourrir la jeune plante pendant les premiers temps de

blables aux feuilles de l'arbre adulte. Goebel, dans son « Organographie der Pflanzen » (t. II, p. 462, 1900), décrit et figure l'embryon et la germination de *Xanthochymus pictorius*. D'autre part, Miers (*loc. cit.*, Pl. XXVI, fig. 34) figure, d'après Roxburgh, la germination d'un *Xanthochymus*.

son développement; une fois ces substances épuisées, elle tombe, se détachant de la plante et entraînant avec elle la première racine peu développée.

Radicule (Première racine). — Une coupe transversale menée au niveau où la coiffe est encore représentée par une ou deux assises de cellules montre, en dedans du reste de la coiffe, trois assises de cellules ne présentant pas de méats entre elles. Les cellules de ces trois assises contiennent des substances oléo-résineuses; la plus externe est l'assise pilifère, dont les cellules sont les plus allongées radialement; l'assise sous-jacente est la plus sécrétrice. Cette assise a été bien décrite par M. Van Tieghem (1) sous le nom de *membrane oléifère*.

Tout le reste de l'écorce de cette jeune racine est formé de cellules arrondies dans l'écorce externe, allongées tangentiellement dans l'écorce interne.

Ces cellules de l'écorce sont disposées radialement et laissent entre elles des méats; il n'y a pas de canaux sécréteurs dans l'écorce, mais, par-ci par-là, ainsi que l'a déjà indiqué M. Van Tieghem, il y a des cellules sécrétrices isolées. Ces cellules sont remplies de produits de sécrétions.

L'écorce se termine par un endoderme encore dépourvu de plissements. Dans le cylindre central, on voit l'assise péricyclique qui est distincte de l'assise endodermique par l'alternance et par la taille plus grande de ses cellules; par leur taille, les cellules péricycliques diffèrent aussi des autres assises du cylindre central.

On ne voit à ce niveau, dans ce cylindre central, que les premiers tubes criblés qui sont ici bien différenciés, c'est-à-dire dans leur phase de *différenciation maximum*; c'est grâce à cette différenciation qu'on peut les reconnaître par la coloration à l'aide du brun Bismarck. Ces tubes criblés sont disposés par cinq groupes de deux ou de trois (fig. 31, Pl. X).

Ce n'est qu'à un niveau plus élevé de cette jeune racine qu'on voit apparaître les premiers vaisseaux, d'abord quatre faisceaux ligneux (Pl. X, fig. 32), le cinquième étant plus tardif. Pendant l'apparition du cinquième faisceau ligneux, on

(1) Ph. Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes*, premier mémoire (Ann. Sc. nat., 1872, p. 82).

voit dans les faisceaux libériens d'autres tubes criblés dans leur phase de différenciation maximum, les premiers tubes criblés ayant cessé de fonctionner par suite de leur oblitération : en même temps, on voit, en dedans d'un faisceau libérien. (Pl. X, fig. 32), une cellule plus grande, à contenu granuleux avec un gros noyau et avec de très fines gouttelettes de substances oléorésineuses. Cette cellule commence à se diviser en deux, puis en quatre, et chacune de ces quatre cellules se divise encore en deux ; on a alors huit petites cellules. Les mêmes divisions ont lieu au-dessous et au-dessus de ce niveau ; il se différencie de la sorte des files de cellules qui s'écarteront pour former un canal sécréteur.

Il se forme ainsi un canal sécréteur en dedans de chaque faisceau libérien ; mais ces canaux ne se forment pas simultanément, les uns sont plus tardifs que les autres. Ces canaux n'ont donc pas une origine péricyclique comme ceux des Hypéricacées.

La membrane oléifère subit des modifications en se transformant en une assise subéreuse. En effet, les cellules qui la forment, commencent à présenter un aspect particulier ayant en général les faces interne et latérales subérifiées rappelant les cellules endodermiques d'une racine d'Iris (fig. 24, Pl. X).

A un niveau encore plus élevé, on voit qu'un faisceau libérien se divise en deux ; entre ces deux faisceaux libériens on voit apparaître un sixième faisceau ligneux.

Cette apparition graduelle des faisceaux ligneux est en rapport avec la taille de la racine.

De même que les faisceaux ligneux apparaissent graduellement dans la racine et pas tous à la fois, les canaux sécréteurs, eux aussi, apparaissent graduellement en dedans du liber. On trouve, en face de chaque faisceau libérien et en dedans, un canal sécréteur ; ce n'est qu'au moment où les formations secondaires commencent à se développer qu'on peut parfois trouver un nouveau canal sécréteur en face du liber primaire et à côté du canal déjà formé (fig. 36, Pl. X). Lors de la formation de ce nouveau canal sécréteur la région pérимédullaire commence à se sclérifier.

Tigelle. — Pendant la germination et pendant toute la durée

de la vie de tigelle celle-ci ne s'accroît pas; par ses réserves, elle sert au développement de la plante.

La tigelle est bien différente de la racicule tant par sa morphologie externe que par sa morphologie interne. Mais, pour indiquer d'une manière précise la limite entre la racicule et la tigelle, c'est à la morphologie interne qu'il faut s'adresser.

En dehors du caractère fondamental, c'est-à-dire de la présence d'un épiderme dans la tigelle, l'appareil sécréteur fournit une distinction très nette, de grande valeur, entre la racicule et la tigelle. En effet, l'écorce de la tigelle est caractérisée par la présence de nombreux canaux sécréteurs, lesquels manquent dans l'écorce de la racicule; ces canaux sécréteurs s'arrêtent à la base de la tigelle en s'oblitérant complètement.

Les cellules sécrétrices de chaque canal sécréteur s'hypertrophient, commencent à se diviser, puis remplissent totalement le canal sécréteur en formant ainsi des thylls; à la fin, le canal sécréteur prend tout à fait l'aspect du parenchyme cortical qui l'entoure (Pl. 11, fig. 37 et 38).

En outre, les canaux sécréteurs, qui sont présents dans les faisceaux libériens de la racicule, manquent totalement dans les faisceaux libériens de la tigelle.

Il n'existe aucune limite nette entre la tigelle et la racicule quand on s'adresse à l'appareil conducteur.

L'appareil conducteur qui a une structure superposée sur les neuf dixièmes de la longueur de la tigelle a une disposition alterne vers la base au voisinage de la racicule.

En étudiant à l'aide de coupes transversales pratiquées à différents niveaux, la tigelle d'une plantule dans laquelle la racicule a atteint 40 millimètres, la gemmule étant bien développée avec une jeune tige de 10 millimètres et la racine adventive, future racine principale, s'étant montrée, on observe des structures qui méritent d'être notées.

Sur une coupe transversale pratiquée à la base, au niveau où les canaux sécréteurs sont oblitérés, on voit, dans le cylindre central (fig. 40, Pl. XI), les sept faisceaux libériens bien développés et en superposition sur le liber, le bois secondaire très bien formé; on voit aussi quelques vaisseaux d'origine pri-

maire, qui n'ont pas encore disparu, avec leur position primitive alterne encore très manifeste.

Cette partie inférieure de la tigelle présente un autre intérêt au point de vue des formations secondaires, je veux parler des formations subéro-phellodermiques.

H. Douliot (1), dans ses recherches sur le périoderme, en parlant de l'adulte du *Xanthochymus pictorius*, nous dit qu'il n'a pu observer de périoderme : « Dans le *Xanthochymus pictorius* où la cuticule atteint une épaisseur double ou triple de la cavité cellulaire, je n'ai pu observer de périoderme ; la subérification, au lieu de porter sur les cloisons successives, a porté sur une même membrane considérablement épaissie. »

Je ne sais si le périoderme ne se montre pas chez l'adulte, mais il se forme toujours à la base de la tigelle, aussitôt que la germination a commencé.

Comme on peut voir sur les figures 38 et 39 (Pl. XI), ce périoderme est d'origine sous-épidermique ; j'ai même observé parfois des cellules épidermiques donnant naissance à du périoderme.

Cette origine épidermique ou sous-épidermique du périoderme est un caractère constant chez les tigelles de toutes les Guttifères ; chaque fois que les formations subéro-phellodermiques prennent naissance dans les tigelles, toujours elles ont une origine corticale très superficielle.

La tigelle de *Xanthochymus pictorius* présente à la base une moelle très peu développée, mais au fur et à mesure qu'on monte dans la tigelle, cette région médullaire s'agrandit et en même temps on observe un écartement des faisceaux conducteurs (Pl. XI, fig. 41).

Les faisceaux conducteurs se séparent les uns des autres mais gardent toujours leur disposition en ellipse.

La région médullaire s'agrandit de plus en plus, par l'éloignement des faisceaux. La moelle présente le plus grand développement au milieu de la tigelle et, à ce niveau, la plupart des faisceaux conducteurs présentent une structure bicollatérale et même concentrique, structure qui se montre déjà à ce niveau dans l'embryon non germé (Pl. X, fig. 30). En effet, comme

(1) H. Douliot, *Recherches sur le périoderme* (Ann. des Sc. nat., 1889, p. 338).

le parenchyme médullaire aussi bien que le parenchyme cortical est bourré de substances de réserve, on s'explique très bien l'apparition du liber du côté de la moelle, les tubes criblés ainsi formés jouant un rôle très actif dans le transport de tous ces matériaux de réserve qui servent au développement de la plante.

A partir de ce niveau, sur des coupes transversales menées en se rapprochant des cotylédons, on observe la diminution de la moelle; les faisceaux conducteurs se serrant de plus en plus; ne présentent aucune trace de structure bicollatérale ou concentrique (Pl. XI, fig. 42).

On voit aussi des faisceaux conducteurs représentés seulement par du liber.

Plus haut encore, à la base des cotylédons, dans l'écorce les canaux sécréteurs réduisent leur diamètre de plus en plus; dans le cylindre central la disposition superposée est toujours bien établie. Sur la figure 45 de la planche XII, on voit aussi comment se détache un cotylédon avec sa nervure très peu développée.

Comme on a vu plus haut, les deux cotylédons de *Xanthochymus* sont très réduits, écailleux, et, quand l'embryon n'a pas germé, ils gardent leur position imbriquée protégeant le sommet végétatif de la gemmule. Pendant la germination, ces cotylédons s'épanouissent, et si à ce moment on fait une coupe transversale vers la base d'un cotylédon, on voit qu'il a une forme hémipellipsoïdale. Ce cotylédon présente un épiderme dépourvu de stomates et un parenchyme homogène formé de cellules plus ou moins arrondies. On y voit aussi huit à dix canaux sécréteurs. Au milieu de ce parenchyme homogène, il y a un îlot de petites cellules avec un appareil conducteur peu différencié (fig. 46, Pl. XII).

Racine adventive (future racine principale de l'arbre). — On a vu plus haut comment cette racine se développe et comment au point de vue de la morphologie externe, elle diffère de la radicule; en effet, cette première racine adventive a une très grande taille; elle est au moins quatre fois plus grande que la radicule.

Au point de vue de la structure interne et surtout du mode

de développement de l'appareil conducteur et sécréteur, elle présente aussi quelques particularités.

Près du sommet de cette racine adventive, une coupe transversale à un niveau où la coiffe est encore représentée par deux assises de cellules montre dans le cylindre central une multitude de tubes criblés groupés en sept faisceaux.

Ces tubes criblés (fig. 43, Pl. XI) ont la forme losangique caractéristique, très peu ont la forme pentagonale ; ils ont leur membrane épaissie, étant ici dans leur phase de *différenciation maximum*.

A un niveau un peu plus élevé et en faisant des coupes en série, on assiste à l'apparition simultanée des faisceaux ligneux au nombre de sept, nombre qui restera constant sur toute la longueur où la structure primaire sera représentée (Pl. XI, fig. 44).

Il est intéressant de constater que, contrairement à ce qu'on observe dans la radicule, le bois à très rapidement une disposition intermédiaire ; il y a à peine deux à quatre vaisseaux, les premiers formés ayant une direction franchement centripète.

Plus haut encore, les formations secondaires libéroligneuses commencent à se montrer ; on trouve, en dedans des faisceaux libériens, des canaux sécréteurs au nombre de deux, trois et même quatre par faisceau libérien. Par suite de formation de tubes criblés secondaires, ces canaux sécréteurs se trouvent englobés dans le faisceau libérien. En général le nombre des canaux sécréteurs dans un faisceau libérien est en rapport avec la grandeur de ce dernier.

Le périderme est d'origine superficielle ; il se forme dans la première ou la deuxième assise en dedans de l'assise subéreuse.

***Xanthochymus dulcis* Roxb.**

Le *Xanthochymus dulcis* Roxb. (*Garcinia dulcis* Kurz), dont j'ai étudié la variété *pyriformis* Boerl., a un embryon pyriforme, un peu plus petit que celui du *Xanthochymus pictorius* et en diffère un peu par la forme.

Au contraire, au point de vue de la structure, ces deux espèces sont extrêmement voisines.

La tigelle comprend un épiderme formé de petites cellules avec une cuticule très développée, et un parenchyme homogène, bourré d'amidon, formé de cellules polyédriques, à membrane épaissie, et présentant de petites ponctuations. Dans ce parenchyme on observe une vingtaine de faisceaux conducteurs distincts, disposés suivant un cercle, tout à fait semblables à ceux du *Xanthochymus pictorius*; les canaux sécréteurs sont très nombreux et ont une très large lumière.

SOUS-GENRE **EUGARCINIA.**

Comme *Garcinia* de la section *Mangostana*, j'ai eu des embryons et des germinations de *Garcinia tonkinensis* Vesque, *Garcinia porrecta* Wall., *Garcinia Benthani* Pierre, *Garcinia cornea* L. et *Garcinia celebica* L.

Pour la section *Rhinostigma*, j'ai eu à ma disposition une grande quantité de graines de *Garcinia sizygiifolia* Pierre.

Garcinia tonkinensis Vesque.

Le *Garcinia tonkinensis* Vesque (*Garcinia Balansæ* H. Bn) a un embryon ovoïde, allongé, mesurant environ 30 millimètres de longueur et 13 millimètres d'épaisseur. La radicule est extrêmement réduite, la tigelle, tuberculisée, forme presque tout l'embryon, les cotylédons sont réduits à de petites écailles imbriquées.

Dans la tigelle, l'épiderme est constitué par de petites cellules recouvertes d'une cuticule assez épaisse; l'écorce est très développée, formée de cellules polyédriques à membranes un peu épaissies et pourvues de ponctuations. Ces cellules contiennent beaucoup de substances oléagineuses. Cette écorce contient en outre de nombreux canaux sécréteurs à très large lumière, bordés par des cellules sécrétrices à membranes très minces. L'endoderme, peu reconnaissable, ne présente pas de plissements. Le cylindre central comprend une quarantaine de faisceaux libériens disposés suivant un cercle et comptant chacun de un à cinq tubes criblés et autant de faisceaux ligneux superposés aux précédents et formés chacun par un

ou deux vaisseaux. Certains de ces faisceaux libéroligneux représentant seulement un seul vaisseau du bois ont déjà une assise génératrice extrêmement nette. Le parenchyme médullaire est tout à fait semblable au parenchyme cortical; on y observe les mêmes cellules oléifères et les mêmes canaux sécréteurs.

En résumé, par la présence de nombreux canaux sécréteurs dans l'écorce et dans la moelle, cet embryon se rapproche de celui de *Xanthochymus*, tandis que par son appareil conducteur et ses réserves oléagineuses abondantes il se rapproche de celui des autres *Eugarcinia*. Les graines que j'ai reçues étaient dans l'alcool; je n'ai donc pu en avoir de germination.

Garcinia porrecta Wall.

EMBRYON.

L'embryon de *Garcinia porrecta* est ovoïde, représenté par une tigelle très grosse, formant à elle seule presque tout l'embryon; la radicule est extrêmement petite et les deux cotylédons sont réduits à deux petites écailles, imbriquées, protégeant le sommet de la gemmule comme dans l'embryon de *Xanthochymus*.

En général, l'embryon de *Garcinia porrecta* mesure 20 millimètres de longueur sur 10 à 12 millimètres de largeur.

Examinons une coupe transversale pratiquée au milieu de la tigelle d'embryon n'ayant pas encore germé, on observe la structure suivante :

Tout d'abord, l'épiderme est formé de petites cellules avec une cuticule assez épaisse. En dedans de cet épiderme, l'écorce montre d'abord quatre ou cinq assises de cellules polyédriques, allongées dans le sens radial, puis un parenchyme formé de cellules à peu près isodiamétriques, épaissies et présentant, au voisinage des cellules externes allongées, un ou deux cercles de canaux sécréteurs (Pl. XII, fig. 49). Ces canaux sécréteurs ont une lumière étroite et présentent, sur la coupe, sept à huit cellules sécrétrices; ces cellules sécrétrices ont une membrane très mince, un contenu protoplasmique finement granuleux, dépourvu toujours d'amidon et présentant de nombreuses et très fines gouttelettes de substances oléagineuses. Le noyau de chacune des cellules sécrétrices est assez gros.

Le cylindre central comprend un cercle de 20 à 28 faisceaux conducteurs, représentés soit par des faisceaux libériens seulement, soit par des faisceaux libéroligneux à bois superposé, soit même par des faisceaux où la structure bicollatérale ou concentrique commence à se montrer : dans ce cas, il se forme tout autour du bois une assise génératrice continue donnant du liber et quelques rares vaisseaux de bois. En dehors, et seulement en face de chaque faisceau conducteur, on voit très nettement une assise de cellules à contenu amylicé, ayant leurs parois latérales pourvues des épaisissements caractéristiques de l'endoderme (Pl. XII, fig. 50).

Cette assise endodermique sert de protection au liber qui se trouve immédiatement en-dessous, l'assise péricyclique faisant totalement défaut.

Une coupe transversale menée vers la base de la tigelle nous montre la même disposition des canaux sécréteurs, mais les faisceaux conducteurs sont plus serrés et les cellules à parois latérales plissées forment tout autour une assise continue.

La région corticale de l'embryon est abondamment pourvue d'oxalate de calcium qui se présente dans la profondeur de l'écorce, près du cercle de faisceaux conducteurs sous la forme de petites macles, et vers la périphérie, au voisinage de canaux sécréteurs sous la forme de gros sphérocristaux.

GERMINATION.

Le mode de germination est semblable à celui du *Xanthochymus pictorius* et comme dans cette espèce, la tigelle joue un rôle nutritif dans le développement de la plante.

Cette tigelle ne s'accroît pas, elle conserve la même forme et les mêmes dimensions jusqu'à sa mort, c'est-à-dire jusqu'à l'épuisement de ses réserves.

A un âge où la plantule présente sa tigelle avec une racine assez allongée, une racine adventive (future racine principale de l'arbre) très développée et une jeune tige avec ses deux premières feuilles ; une coupe transversale pratiquée au milieu de cette tigelle montre, comme dans le *Xanthochymus*, un grand développement du liber et une tendance, dans un assez grand

nombre de faisceaux conducteurs, à la structure concentrique. De plus, on observe un périoderme bien développé d'origine épidermique ou superficielle.

La racine ne possède pas de canaux sécréteurs dans l'écorce. Dans le cylindre central, l'appareil conducteur est représenté par 4 ou 5 faisceaux libériens et, alternant avec eux, par 4 ou 5 faisceaux ligneux. Le nombre de faisceaux libériens et ligneux est un peu en rapport avec la grosseur de la racine : une racine grêle aura 4 faisceaux, tandis qu'une autre ayant un diamètre plus grand en aura 5.

Les faisceaux libériens de cette racine sont totalement dépourvus de canaux sécréteurs.

La racine adventive ne présente rien de particulier, sauf le nombre plus grand de faisceaux libériens et ligneux.

Garcinia cornea L.

L'embryon et la plantule présentent au point de vue de la morphologie externe et interne les mêmes caractères que *Garcinia porrecta* Wall.

Dans une germination, j'ai observé seulement une racine un peu aplatie, et, ayant fait une coupe transversale, j'ai constaté la présence de 3 cylindres centraux, dont un très petit et deux plus grands et d'égale dimension (Pl. XI, fig. 51).

Garcinia Benthani Pierre.

L'embryon de *Garcinia Benthani* est aplati, représenté, comme chez toutes les Garciniées par une tigelle tuberculisée, une racine très réduite et des cotylédons écailleux et minuscules. L'embryon mesure en général 20 à 25 millimètres de longueur, 10 à 15 millimètres de largeur et 7 à 9 millimètres d'épaisseur.

L'embryon est bourré de substances oléagineuses, solides, tout à fait comme celui du *Garcinia porrecta* et, comme dans celui-ci, la région corticale possède des canaux sécréteurs disposés sous la deuxième ou troisième assise sous-épidermique. Ces canaux sécréteurs, de la même taille que les canaux sécré-

teurs de la tigelle de *Garcinia porrecta*, sont disposés sur un seul cercle.

Sur une coupe transversale faite au milieu de la tigelle, on voit une vingtaine de faisceaux conducteurs disposés isolément ; mais, à la base de la tigelle, leur nombre est plus réduit. Ces faisceaux sont très serrés et l'assise endodermique qu'on ne pouvait pas distinguer au milieu de la tigelle, s'observe ici très bien avec les plissements caractéristiques. On trouve, comme dans la tigelle de *Xanthochymus*, une structure alterne à la base de cette tigelle.

Le mode de germination est pareil à celui de *Xanthochymus*.

L'écorce de la radicule ainsi que celle de la racine adventive (qui formera plus tard la racine principale de l'arbre) sont dépourvues de canaux sécréteurs. Mais s'il n'y a pas de canaux sécréteurs dans l'écorce, il y a des cellules sécrétrices. Celles-ci sont représentées par les cellules de l'assise subéreuse ; toutes ces cellules contiennent des substances de couleur jaune et de nature oléo-résineuse. Cette assise subéreuse sécrétrice est la *membrane oléifère*, décrite pour la première fois par M. Van Tieghem (1).

L'écorce est limitée par une assise endodermique avec des plissements caractéristiques.

Le péricycle est simple et continu ; on peut pourtant voir quelquefois des tubes criblés directement appliqués sur l'endoderme.

Dans la radicule, le nombre de faisceaux libériens est en général de six à sept et, alternant avec eux, autant de faisceaux ligneux. Dans la racine adventive, il y a un nombre double de faisceaux. Ni dans la radicule, ni dans la racine adventive, je n'ai pu constater la présence de canaux sécréteurs dans le liber.

Dans la radicule et dans la racine adventive la région médullaire se sclérifie à la périphérie.

Garcinia celebica L.

Cette espèce ressemble au *Garcinia Benthami* Pierre, au point de vue de la morphologie interne et externe de l'embryon et de la plantule.

(1) *Loc. cit.*

Garcinia sizygiifolia Pierre.

EMBRYON.

L'embryon est représenté par une tigelle très aplatie, par une radicule extrêmement petite et par des cotylédons réduits à de petites écailles, imbriquées, protégeant le sommet de la gemmule.

Cet embryon mesure d'habitude 15 à 18 millimètres de longueur, 10 millimètres de largeur et 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Une coupe transversale pratiquée au milieu de l'embryon non germé nous montre une écorce très développée et un cylindre central très réduit (Pl. XII, fig. 52 et 53).

L'écorce est limitée à l'extérieur par un épiderme formé de petites cellules présentant une cuticule très mince. La région corticale est formée par des cellules polyédriques à membrane épaissie.

Toutes les cellules corticales sont bourrées de substances oléagineuses solidifiées et cristallisées, formant des paquets de longues et fines aiguilles (Fig. 54, Pl. XIII). L'acide osmique, l'orcanette ou le Soudan III nous indiquent la nature grasseuse de ces cristallisations qui se dissolvent dans la benzine et l'éther sans laisser aucun résidu.

Dans les cellules corticales on trouve aussi des grains d'amidon en assez grande quantité; ceux-ci sont particulièrement abondants, dans les cellules endodermiques.

Le cylindre central est très réduit par rapport à l'écorce; il est limité par une assise péricyclique.

L'appareil conducteur est représenté par trois faisceaux libériens et par trois faisceaux ligneux, le bois étant superposé au liber.

Il est intéressant de noter dans les faisceaux libériens la courte période de fonctionnement des tubes criblés; ceux-ci, en effet, par l'épaississement inégal de leur paroi à l'intérieur du tube, réduisent de plus en plus leur cavité, qui prend tout d'abord un aspect étoilé et finit par être complètement oblitérée. A ce moment, d'autres tubes criblés se forment qui remplaceront les premiers (Pl. XIII, fig. 53).

La région médullaire est représentée par quelques cellules, bourrée aussi de substances grasses.

L'appareil sécréteur n'est différencié ni dans l'écorce ni dans le cylindre central; pourtant, il y a une sécrétion très active qui s'opère de la même façon que dans l'embryon de *Pentadesma butyracea*. Dans chaque cellule, soit de l'écorce, soit de la moelle, on constate, en outre du corps gras cristallisé, une mince couche de nature oléo-résineuse, appliquée contre la membrane, représentant ainsi le produit de sécrétion de la cellule.

M. E. Heckel (1) a constaté aussi l'absence de canaux sécréteurs dans les embryons de *Garcinia indica* Choisy, *Garcinia cochinchinensis* Choisy et *Garcinia pictoria* Roxb. Il a trouvé dans ces embryons des cellules sécrétrices et pense que pendant la période germinative les canaux sécréteurs ne se forment pas dans les plantules.

On verra comment l'embryon de *Garcinia sizygiifolia*, qui est dépourvu de canaux sécréteurs tant qu'il n'a pas germé, commence à en posséder vers la partie supérieure de sa tigelle aussitôt que la gemmule est sortie et que la racicule a commencé à se développer.

GERMINATION.

Le mode de germination est semblable à celui de *Xanthochymus*. On voit d'abord la racicule qui pousse très vite, donnant naissance aussitôt à des radicelles. La tigelle ne s'accroît pas, mais la gemmule s'allonge rapidement et les premières feuilles sont réduites à des écailles comme chez *Xanthochymus*.

Une racine adventive naîtra sur la jeune tige à sa base et c'est cette racine adventive qui prendra plus tard le rôle de racine principale.

La tigelle, une fois ses réserves épuisées, finira par se détacher de la plante, entraînant ainsi avec elle la première racine.

Je vais décrire la structure de la racicule, puis la structure de la racine adventive qui prendra plus tard le rôle de racine principale.

(1) C. R. Acad. des Sc., t. CXXIX, 1899, p. 508.

Radicule. — Une coupe transversale (Pl. XII, fig. 55), menée dans la radicule à 6 millimètres du sommet, nous montre une écorce bien développée avec une assise pilifère dépourvue de poils absorbants, une assise subéreuse dont les membranes cellulaires sont déjà subérifiées, puis cinq assises de cellules arrondies, laissant entre elles des méats assez grands et enfin une dernière assise, l'assise endodermique avec ses plissements caractéristiques.

Le cylindre central est limité par un péricycle simple, et possède trois groupes de tubes criblés formant trois faisceaux libériens et, alternant avec eux, trois faisceaux ligneux. La moelle n'a rien de particulier, elle est formée de cellules polyédriques.

Il n'y a de canaux sécréteurs ni dans l'écorce ni dans le cylindre central.

Racine adventive. — Cette première racine qui prendra le rôle de racine principale, est différente de la radicule non seulement par sa taille plus grande, mais aussi par sa structure interne.

En effet, dans le cylindre central, on voit six faisceaux libériens alternant avec six faisceaux ligneux.

L'écorce est semblable à celle de la radicule, sauf qu'elle est plus développée étant donnée la taille plus grande de cette première racine adventive.

Tigelle. — A un stade de développement assez avancé, lorsque la jeune plante a sa première racine adventive bien développée, lorsque la tige a donné naissance aux deux premières feuilles semblables comme forme aux feuilles de l'arbre adulte, une coupe transversale menée au milieu de la tigelle nous fait assister à la formation d'un périderme d'origine épidermique et au début de la disparition des matières de réserve, amidon et substances grasses.

A ce stade, dans le cylindre central, les formations secondaires libéro-ligneuses sont à leur maximum de développement et la moelle est entièrement sclérifiée.

Cette tigelle, vers sa partie supérieure, commence à présenter, dans son écorce, un cercle de canaux sécréteurs, schizogènes et situés d'habitude sous la deuxième assise sous-épidermique

(Pl. XIII, fig. 56). Dans cette région supérieure la moelle n'est pas sclérifiée, mais le cercle continu de bois est bien représenté.

TROISIÈME TYPE

Ce troisième type d'embryon de Guttifères caractérise la tribu des Calophyllées.

J'ai vainement cherché à me procurer des graines de *Kielmeyera*, *Caraipa*, *Haploclathra*, *Marila* et *Mahurea* dont l'étude aurait été intéressante, car ces genres, considérés autrefois comme des Ternstroëmiacées, ont été rattachés aux Clusiacées (tribu des Calophyllées) par M. Van Tieghem d'abord, et plus tard par M. Engler qui en fait une tribu distincte, la tribu des *Kielmeyeroïdées*.

J'ai pu étudier les genres *Calophyllum* L., *Mesua* L., *Mammea* L. et *Ochrocarpus* Dupetit-Thouars. Ce dernier genre doit en effet rentrer dans la tribu des Calophyllées ainsi que l'ont admis M. Van Tieghem et M. Engler et non dans celle des Garciniées où Vesque l'avait placé.

Ce troisième type est caractérisé par la réduction de la tigelle et le grand développement des cotylédons, dans lesquels s'accumulent les matières de réserve, alors que dans le dernier et le second type ces matières de réserve se trouvaient dans la tigelle, les cotylédons restant très réduits.

Dans ce troisième type d'embryon, comme dans le premier type, la racine principale de l'arbre provient du développement de la radicule et non de celui de la première racine adventive comme dans le deuxième type.

Calophyllum Calaba Jacq.

EMBRYON.

L'embryon est sphérique et mesure en général 13 à 18 millimètres de diamètre. La tigelle est très réduite et porte deux énormes cotylédons tuberculeux, hémisphériques. Les cotylédons sont accolés sur toute leur longueur, sauf vers leur base où ils ménagent un petit espace libre vers le sommet de la gemmule.

Tout l'embryon est percé d'une multitude de canaux sécré-

teurs, souvent ramifiés et contenant un produit de sécrétion jaune clair, semi-fluide et opaque. Le parenchyme est rempli dans toute son étendue de substances oléagineuses et de nombreux grains d'amidon très petits, uniformément répartis dans toutes les cellules ; les grains d'amidon sont surtout très abondants dans la moitié inférieure de chaque cotylédon. L'embryon est donc à la fois oléagineux et amylacé. M. Van Tieghem (1), qui a étudié cet embryon au point de vue de l'appareil sécréteur, le considère comme simplement oléagineux par opposition à celui de *Mammea* qui est amylacé.

Une coupe axiale longitudinale nous montre l'embryon entouré complètement par un épiderme. Cet épiderme ne subit aucune division tangentielle vers le sommet de la radicule ; la radicule est d'origine profonde et se trouve séparée de l'épiderme général par une couche de cellules parenchymateuses semblables aux cellules de la base des cotylédons. On verra plus loin, dans la radicule de *Mammea americana*, la même disposition.

Les canaux sécréteurs sont très développés ; on les observe tout près des initiales de l'écorce, comme on l'a déjà vu dans la radicule de *Clusia* ; on peut les suivre à travers la tigelle et jusque dans les cotylédons où ils peuvent se ramifier dans toutes les directions.

Les cellules sécrétrices des canaux sécréteurs ont une membrane mince ; elles ne contiennent jamais de grains d'amidon, mais, en revanche, beaucoup de fines gouttelettes oléagineuses se trouvent dans leur protoplasma finement granuleux.

L'appareil conducteur est très bien développé dans les cotylédons et beaucoup moins dans la très courte tigelle et à peine ébauché dans la radicule.

Dans chaque cotylédon, les nervures sont irrégulièrement disposées dans le parenchyme et les faisceaux qui constituent ces nervures ont presque tous une structure concentrique (fig. 62, Pl. XIV).

GERMINATION.

Les nombreuses graines de *Calophyllum Calaba* que j'ai eues à ma disposition proviennent de la Guadeloupe,

(1) *Loc. cit.*, second mémoire, p. 41.

La durée de leur germination a été de trois semaines.

Les premiers signes de la germination d'une graine de *Calophyllum* se manifestent par une fente qui se fait dans le tégument, dans la région du micropyle. La radicule sort par cette fente et, en se courbant vers le bas, elle s'allonge assez vite.

En même temps, à la base de chaque cotylédon hypogé, les cellules se divisent rapidement, formant ainsi les pétioles cotylédonaire.

Ces pétioles cotylédonaire sortent du tégument de la graine en élargissant la fente de germination, et s'écartent un peu, laissant un espace par où passera la gemmule.

La jeune tige commence à pousser quand la radicule est déjà bien développée (10 centimètres de long environ) et a donné naissance à de nombreuses radicelles.

Pendant ce temps, les cotylédons continuent à rester enfermés dans le tégument de la graine, sauf les pétioles cotylédonaire qui sortent et qui, n'étant plus protégés, développent un périderme d'origine sous-épidermique (Pl. 14, fig. 60) dans lequel on observe de nombreuses lenticelles.

Les deux cotylédons, une fois leurs réserves nutritives épuisées, finiront par tomber.

Radicule. — Dans son « Premier mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes » M. Van Tieghem étudie le premier la racine de *Calophyllum Calaba* au point de vue de la disposition des canaux sécréteurs. Dans son *Traité de Botanique* (deuxième édition) le même auteur nous décrit l'assise subéreuse (1) de cette racine en donnant une figure; il y donne aussi des ren-



Fig. 3. — Plantule de *Calophyllum Calaba*. — Le tégument de la graine a été enlevé pour faire voir les deux cotylédons. On distingue les pétioles cotylédonaire, la tigelle très courte et la gemmule sortant à la base des deux pétioles cotylédonaire.

(1) Ph. Van Tieghem, *Canaux sécréteurs des plantes*, premier mémoire (Ann. Sc. nat., 5^e série, t. XVI, 1872).

seignements avec figure sur le début du périderme (1) d'origine toujours péricyclique.

Prenons une plantule qui a une jeune tige développée de 20 millimètres et une racine (racine principale) de 10 centimètres et faisons dans cette racine des coupes en série en partant du sommet végétatif pour arriver à la tigelle.

Une coupe transversale menée tout près du sommet végétatif nous montre une écorce bien formée et un cylindre central différencié et limité par une assise péricyclique très nette.

La coiffe est encore représentée par trois assises de cellules. L'écorce présente deux régions, une externe et une interne: l'écorce externe est constituée par des cellules de forme polygonale, laissant de petits méats entre elles; l'écorce interne est constituée par des cellules aplaties dans le sens tangentiel et disposées en séries radiales, très régulières, laissant entre elles des méats assez grands; elle est limitée par un endoderme n'ayant pas encore de plissements.

Tant dans l'écorce externe que dans l'écorce interne, on voit des canaux sécréteurs, très jeunes, ayant une toute petite cavité.

Le cylindre central est limité par un péricycle simple, reconnaissable par l'alternance de ses cellules avec celles de l'assise endodermique. Dans ce cylindre central, au contact de l'assise péricyclique, on observe les cellules mères de premiers tubes criblés; c'est la seule différenciation qu'on puisse observer à ce niveau.

Un peu plus haut, on voit dans l'écorce les canaux sécréteurs agrandissant leurs cavités et, dans le cylindre central, on observe les premiers tubes criblés formés et disposés par groupes, constituant autant de faisceaux libériens. Le nombre des faisceaux libériens est variable, il oscille entre huit et dix.

Dans chaque faisceau il y a trois ou quatre tubes criblés de forme losangique caractéristique, très peu de forme pentagonale. La différence de forme des tubes criblés tient à leur mode de développement comme M. G. Chauveaud (2) l'a montré dans ses recherches sur le mode de formation des tubes criblés.

(1) Ph. Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2^e édition, p. 678, 719.

(2) *Loc. cit.*.

Si on continue la série des coupes, on assiste à un niveau plus élevé à l'apparition de nouveaux tubes criblés; plus haut, on observe le début de la formation des faisceaux ligneux se différenciant entre les faisceaux libériens déjà très développés. Plus haut encore, les formations secondaires libéroligneuses commencent à se montrer. L'assise subéreuse présente sur les parois latérales de ses cellules des plissements analogues aux plissements des cellules de l'endoderme. Les canaux sécréteurs ont une lumière de plus en plus large et se divisent souvent en deux, trois, plus rarement quatre (Pl. XIX, fig. 58).

En se rapprochant de la base de la racine on observe, quand les formations secondaires libéroligneuses sont bien développées, le début de la formation du périderme caractérisé par la division tangentielle des cellules péricycliques situées en face du liber primaire; à ce stade, le périderme est donc fractionné (Pl. XIX, fig. 61). C'est à un niveau encore plus élevé que le périderme est continu, toutes les cellules péricycliques sont alors en division tangentielle; et en même temps, les cellules endodermiques se divisent radialement.

Lorsque les formations subéro-phellodermiques commencent à se développer, on voit apparaître des canaux sécréteurs dans le liber secondaire.

Enfin, une dernière coupe pratiquée près de la jeune tige montre dans la moelle quelques canaux sécréteurs de petite taille.

C'est en faisant une série de coupes dans la région où commencent à se différencier les vaisseaux du bois que j'ai observé dans une radicule de *Calophyllum Calaba* une anomalie intéressante.

Dans cette racine, la moelle présentait, sur une longueur d'environ 10 millimètres, un petit cordon différencié.

Des coupes successives partant de la région apicale, font voir que ce petit cordon se manifeste tout d'abord par un îlot de cellules de parenchyme, beaucoup plus petites que les cellules de la moelle et de contour polygonal. Dans cet îlot parenchymateux se différencient en premier lieu (Pl. XV, fig. 69) trois ou quatre groupes de tubes criblés disposés suivant un arc à concavité tournée du côté du centre de la racine; puis, en dehors de ces tubes criblés, se différencient trois groupes de

vaisseaux à parois lignifiées, non superposés aux précédents et disposés aussi suivant un arc de cercle concentrique à l'arc de tubes criblés. Les tubes criblés qui ont apparu plus près du sommet que les vaisseaux disparaissent les premiers.

La même racine, dans des coupes transversales pratiquées dans une région plus élevée où la structure primaire était bien établie et où les formations secondaires libéroligneuses commencent à se montrer, m'a fait voir une autre particularité : dans la moelle, se différencient un petit nombre de canaux sécréteurs, d'abord deux puis un troisième, puis plus haut un quatrième (Pl. XIV, fig. 59) ; de plus, les faisceaux libériens et ligneux sont beaucoup plus nombreux que dans une racine normale et le bois y affecte immédiatement une disposition tangentielle.

En résumé, dans la racine principale d'une plantule de *Calophyllum Calaba*, les canaux sécréteurs se différencient dans l'écorce de très bonne heure, tout près des initiales ; beaucoup plus tard, on en voit apparaître dans le liber secondaire et enfin plus tard encore dans la moelle où ils sont de petite dimension ; on verra plus loin que la racine de *Mammea americana* présente exactement la même disposition.

Nœud cotylédonaire. — Dès que la coupe transversale atteint le nœud cotylédonaire les canaux sécréteurs sont nettement différenciés dans la moelle, à condition toutefois de s'adresser à une plantule suffisamment âgée, car j'ai constaté, sur un échantillon plus jeune que la plantule normale dont je viens de décrire la racine, l'absence de ces canaux sécréteurs médullaires ; cette coupe transversale montre l'ébauche des deux pétioles cotylédonaire, avec les faisceaux conducteurs groupés suivant un arc correspondant à chacun de ces pétioles.

La structure de ces faisceaux conducteurs est secondaire et, sur la coupe, on voit partout les traces d'une multitude d'éléments libériens et d'éléments vasculaires qui ont disparu.

Entre les deux groupes de faisceaux conducteurs appartenant aux deux cotylédons, on voit quelques vaisseaux et quelques tubes criblés, formant les faisceaux libéroligneux caulinaires.

Il y a de nombreux canaux sécréteurs corticaux ; vers l'extérieur, on rencontre une couche de liège très développée et,

sur beaucoup de points, des lenticelles assez grandes et bien constituées.

Les canaux sécréteurs médullaires existent seulement dans la jeune tige alors qu'ils ne sont pas encore développés dans la tigelle. En effet, si on fait une coupe transversale à la base d'une tige d'à peine un demi-centimètre, donc à un niveau immédiatement supérieur au nœud cotylédonaire, on constate la présence de canaux sécréteurs médullaires d'origine toujours schizogène.

Cotylédons. — Les cotylédons ont la même structure que ceux de l'embryon non germé, toutefois les substances de réserve ont beaucoup diminué. Les pétioles cotylédonaire sont recouvertes, comme la tigelle, d'un périderme d'origine superficielle et présentant de nombreuses lenticelles (fig. 63, Pl. XIV).

Mesua ferrea L.

EMBRYON.

L'embryon de *Mesua ferrea* a la forme d'une amande; il est convexe d'un côté, et mesure en général 18 à 22 millimètres de longueur, 6 à 10 millimètres de largeur et 7 à 12 millimètres d'épaisseur.

La radicule est très petite et la tigelle, extrêmement réduite, porte deux grands cotylédons charnus, qui forment à eux deux presque tout l'embryon.

La structure de la radicule ne présente rien de particulier.

Les canaux sécréteurs prennent naissance dans l'écorce tout près des initiales, comme dans le genre *Calophyllum*; ils se continuent à travers la courte tigelle et se prolongent dans les cotylédons où ils peuvent se ramifier.

Les nombreuses poches sécrétrices, ovoïdes, plus ou moins allongées, qu'on trouve dans les cotylédons, sont pour ainsi dire des canaux sécréteurs fragmentés et émiettés.

Un cotylédon non germé montre, sous un épiderme formé de petites cellules recouvertes d'une cuticule assez mince, un parenchyme homogène constitué par des cellules isodiamétriques, remplies de substances oléagineuses et de nombreux petits grains d'amidon. Ce parenchyme est percé de nombreux canaux

sécréteurs et de nombreuses poches sécrétrices plus ou moins allongées. La plupart des faisceaux qui forment les nervures ont une structure concentrique tout à fait semblable à celle des faisceaux cotylédonaire du *Calophyllum Calaba*.

Dans le parenchyme cotylédonaire, on trouve de nombreux cristaux et mâcles d'oxalate de calcium, disposés surtout vers la périphérie.

GERMINATION (1).

Quand la graine germe, on voit d'abord le tégument se déchirer par des fentes rayonnantes autour du micropyle, permettant ainsi la sortie de la radicule; en même temps, les pétioles cotylédonaire s'allongent, en s'écartant par leur base, et laissent ainsi libre passage à la gemmule.

Les cotylédons restent enfermés dans le tégument de la graine et serviront par leurs réserves à nourrir la plantule; une fois leur rôle terminé, ils tombent entraînant aussi le tégument.

Radicule. — Une coupe transversale menée tout à fait au sommet, au niveau où la coiffe est encore représentée par deux ou trois assises de cellules, montre une écorce déjà bien développée, formée de cellules isodiamétriques et présentant des méats entre elles; cette écorce contient des canaux sécréteurs différenciés et disposés suivant deux cercles; chaque canal sécréteur se montre formé de huit à douze sécrétrices; l'endoderme ne présente pas de plissements.

Le cylindre central est limité par un péricycle qui est simple, mais parfois dédoublé en face d'un groupe de tubes criblés. Ce péricycle se distingue très bien de l'endoderme, par la taille et par l'alternance de ses cellules.

Dans ce cylindre central on trouve, immédiatement sous le péricycle, quatre groupes de 7 à 10 tubes criblés. Ces tubes criblés ont la forme losangique caractéristique, quelques-uns ont la forme pentagonale.

(1) Les graines de *Mesua ferrea* que j'ai eues provenaient du Jardin Botanique de Buitenzorg. Toutes les graines, sauf trois, avaient germé en route et se trouvaient à divers stades de germination. — Voy. aussi John Lubbock (*loc. cit.*, p. 235-236), qui décrit cette germination.

Le bois n'est pas encore différencié et la région médullaire est formée par des cellules polyédriques ne laissant pas de méats entre elles ; les canaux sécréteurs manquent. Une série de coupes pratiquées à des niveaux de plus en plus éloignés du sommet de la racine montre d'abord quatre faisceaux ligneux, se différenciant simultanément ; plus haut un cinquième apparaît après la division d'un des faisceaux libériens ; plus haut encore à la suite de la division d'un ou deux autres faisceaux libériens, il apparaît un ou deux nouveaux faisceaux ligneux. On a ainsi dans cette racine avant l'apparition des formations secondaires sept faisceaux libériens et sept faisceaux ligneux. Ce mode de développement de faisceaux conducteurs est tout à fait pareil à celui décrit pour la racine de *Xanthochymus pictorius*.

Après l'apparition du septième faisceau ligneux, et dans une région encore plus élevée, on observe le début des formations secondaires : le bois devient superposé au liber et, en dedans du liber, se forment des canaux sécréteurs. Une série longitudinale de cellules provenant de l'assise génératrice, au lieu de donner naissance à du liber secondaire, s'agrandit et par des divisions successives donne naissance à un canal sécréteur. Dans une racine âgée, le périoderme se montre d'origine péricyclique tout à fait comme dans une racine de *Calophyllum Calaba*.

En résumé, la racine de *Mesua ferrea* présente beaucoup de ressemblance avec la racine de *Calophyllum Calaba*.

Tigelle. — La tigelle présente un périoderme d'origine superficielle ; l'appareil conducteur a une disposition superposée, la moelle possède un canal sécréteur plus ou moins axial.

Cotylédons âgés. — Les cotylédons âgés du *Mesua ferrea* présentent la même structure qu'avant la germination. Les substances de réserve ont seulement diminué et le liber a pris un développement beaucoup plus considérable.

Mammea americana L.

EMBRYON.

Le *Mammea americana*, unique espèce du genre, possède un embryon de très grande taille, de forme ovoïde, souvent légèrement convexe d'un côté et concave de l'autre, mesurant en

général jusqu'à 7 centimètres de longueur, 4 à 5 centimètres de largeur et 3 à 4 centimètres d'épaisseur.

La racine est très petite, proéminente sous forme d'un petit mamelon. La tigelle, extrêmement courte, porte deux énormes cotylédons très épais et adhérents, généralement de taille un peu inégale. Cet embryon est très voisin comme structure de celui de *Calophyllum Calaba*.

Une coupe axiale longitudinale montre qu'il est entouré d'un épiderme continu formé de petites cellules recouvertes d'une cuticule assez développée.

Cet épiderme en face de la racine n'est pas divisé tangentiellement et, entre la coiffe et l'épiderme, il y a une couche de cellules parenchymateuses semblables aux cellules de la base des cotylédons (Pl. XV, fig. 65) ; la racine a donc ici une origine profonde ; il serait intéressant à ce sujet d'étudier le développement de l'embryon. Peut-être ce tissu parenchymateux tire-t-il son origine du suspenseur. Le parenchyme cotylédonaire est formé de cellules polyédriques plus ou moins arrondies. La membrane de ces cellules présente des épaississements inégaux. Le parenchyme est complètement bourré de grains d'amidon de grande taille.

L'appareil sécréteur présente la même disposition que dans l'embryon de *Calophyllum* ou que dans celui de *Mesua*.

Les canaux sécréteurs se différencient au voisinage des initiales de l'écorce de la racine ; on peut les suivre dans la très courte tigelle et dans les cotylédons ; les poches sécrétrices sont seulement ici plus nombreuses et plus grandes. Les cellules sécrétrices des canaux et des poches sont très aplaties, le protoplasma est finement granuleux avec de très petites gouttelettes de substances oléagineuses, gouttelettes qu'on trouve d'ailleurs dans la cavité du canal ou de la poche sécrétrice.

L'appareil conducteur, seulement ébauché dans la racine, un peu différencié dans la tigelle, présente un grand développement dans les cotylédons où il n'y a que des éléments conducteurs secondaires, les primaires ayant disparu. On voit donc ici combien est manifeste cette *accélération basifuge* (1) dans le développement de l'appareil conducteur.

En examinant une coupe transversale faite vers la base du

(1) Chauveaud (*Bull. Soc. Bot. France*, t. LIII, p. 374, 1906).

cotylédon, on constate la présence d'un petit nombre de faisceaux libéroligneux correspondant aux nervures et disposés suivant un arc. Ces faisceaux ont tous une structure superposée.

En s'élevant dans le cotylédon, ces faisceaux se ramifient de sorte que vers le milieu du cotylédon on trouve des faisceaux épars dans tout le parenchyme ; la plupart de ces faisceaux ont une structure concentrique comme ceux du *Calophyllum Calaba*.

GERMINATION.

Les graines de *Mammea americana* que j'ai eues à ma disposition proviennent de la Guadeloupe ; elles ont germé au bout de vingt à trente jours. La radicule sort par une déchirure qui se fait dans la région micropylaire.

D'habitude, une fois la radicule longue de 10 centimètres, les cotylédons commencent à s'écarter un peu par leur base, laissant passage à la gemmule qui seule s'allonge verticalement vers le haut, en poussant assez vite. En somme, le mode de germination de *Mammea* est tout à fait semblable à celui de *Calophyllum* ; comme dans le *Calophyllum*, la tigelle est presque nulle et les cotylédons ne subissent aucun accroissement. Une seule remarque est à faire ici, c'est que les pétioles cotylédonaire sont extrêmement courts. Les cotylédons restent aussi enfermés dans le tégument de la graine et restent attachés à la plantule jusqu'au complet épuisement de leurs réserves.



Fig. 4. — Plantule de *Mammea americana*. — Le tégument de la graine a été enlevé ; on distingue les deux cotylédons dont un est plus petit que l'autre, les pétioles cotylédonaire très courts, la tigelle très réduite et la jeune tige dont les premières feuilles sont écailleuses.

Racine. — M. Van Tieghem (1), en 1872, a étudié au point de vue de l'appareil sécréteur la racine de *Mammea americana*. Plus tard, en 1887, M^{lle} Leblois (2) donne des renseignements sur la naissance d'un canal sécréteur dans cette racine. Comme dans les racines du *Calophyllum Calaba* et de *Mesua ferra* les canaux sécréteurs corticaux se différencient avant même l'apparition des premiers tubes criblés; mais ce n'est qu'au moment où les premiers tubes criblés primaires apparaissent et au niveau où ces tubes criblés se trouvent dans leur phase de différenciation maximum que chaque canal sécréteur a une large lumière.

C'est à un niveau où la coiffe n'est pas encore complètement exfoliée et présente une assise de cellules que dans le cylindre central apparaissent les premiers tubes criblés. A ce niveau, sur une coupe transversale, on remarque une écorce formée de cellules polyédriques plus ou moins arrondies vers la région externe et aplaties dans la région interne; toutes ces cellules ménagent des méats entre elles.

Les canaux sécréteurs sont disposés suivant deux ou même trois cercles.

L'endoderme ne présente sur les parois de ses cellules aucun épaissement.

Le cylindre central est limité par un péricycle formé d'une seule assise, les premiers tubes criblés sont disposés suivant 8 à 10 groupes formant ainsi huit à dix faisceaux libériens. Dans chaque faisceau, il y a de trois à cinq tubes criblés, de forme losangique ou pentagonale.

Sur des coupes transversales pratiquées de plus en plus loin du sommet de la radicule, on observe d'abord l'apparition de huit à dix faisceaux ligneux entre les faisceaux libériens, puis, à un niveau plus élevé, l'apparition des formations secondaires libéroligneuses et en même temps, dans le liber, l'apparition de canaux sécréteurs d'origine secondaire.

A ce niveau, et plus près des cotylédons, j'ai observé sur la racine principale de nombreuses lenticelles assez grandes, bien

(1) Ph. Van Tieghem, *Mémoire sur les canaux sécréteurs des Plantes* (Ann. des Sc. nat., 5^e série, t. XVI, 1872, p. 80).

(2) A. Leblois, *Recherches sur l'origine et le développement des canaux sécréteurs et des poches sécrétrices* (Ann. Sc. nat., 7^e série, t. VI, p. 288).

visibles à l'œil nu et à large ouverture; leur origine (Pl. XV, fig. 69) est corticale, peu profonde.

On constate, à un moment donné, qu'une assise de cellules corticales périphériques se cloisonne à la manière d'une assise génératrice, formant comme un arc à concavité tournée vers l'extérieur. Les cellules qui dérivent de cette assise soulèvent l'assise subéreuse et les couches de cellules sous-jacentes qui se fendent; les cellules se détachent alors les unes des autres suivant le mode bien connu de la formation des lenticelles. Il est intéressant de noter que la formation des lenticelles et la formation du périderme sont ici disjointes et tout à fait indépendantes.

Ce n'est que très près de la tigelle et quand les formations secondaires libéroligneuses sont très développées, qu'on observe le début de la formation du périderme qui est d'origine péri-cyclique. Les cellules se divisent activement dans le sens tangentiel et, en même temps, les cellules endodermiques subissent des divisions radiales.

Tigelle et Cotylédons. — La tigelle, très courte, est très voisine comme structure de celle de *Calophyllum*. La moelle possède des canaux sécréteurs. Le périderme est d'origine de plus en plus superficielle au fur et à mesure qu'on se rapproche des cotylédons; il présente, de place en place, des lenticelles. Les cotylédons ont la même structure que dans l'embryon non germé.

Ochrocarpus siamensis T. Anders.

Bentham et Hooker placent le genre *Ochrocarpus* avec doute parmi les Garciniées.

M. Van Tieghem (1) le premier, en 1885, met ce genre dans la tribu des Calophyllées. Cette manière de voir est basée sur la disposition des canaux sécréteurs dans la racine; en effet, dans la racine d'*Ochrocarpus siamensis* comme dans celle d'un *Calophyllum* ou d'un *Mammea*, M. Van Tieghem trouve des canaux sécréteurs à la fois dans l'écorce et dans le liber primaire ou secondaire.

(1) Ph. Van Tieghem, *Second mémoire sur les canaux sécréteurs des Plantes* (Ann. Sc. nat., 1885, p. 39, 7^e série, t. I).

On verra plus loin comment l'étude de l'embryon confirme l'opinion de M. Van Tieghem.

Vesque, en 1893, dans sa monographie, range ce genre, avec beaucoup de doute, dans les Garciniées ; en décrivant l'embryon d'*Ochrocarpus*, il dit : « Embryo macropoda, radícula crassa, cotyledonibus inconspicuis ; » M. Engler(1) en 1895 place *Ochrocarpus* entre *Calophyllum* et *Mammea* et donne pour l'embryon la description suivante : « Embryo mit kurzem Stämmchen und in einen Körper vereinten Keimblatt. » Cette description est très exacte pour ce qui est de l'*Ochrocarpus siamensis*.

L'embryon de l'*Ochrocarpus siamensis* T. Anders. présente une forme ovoïde allongée ; il mesure en général 20 à 25 millimètres de longueur et 10 à 12 millimètres de largeur.

Il présente une radicule extrêmement réduite ; la tigelle n'existe presque pas et les cotylédons forment une masse indivise en apparence, quoiqu'on observe, tant à la base de l'embryon qu'au sommet, une légère dépression en ligne droite dans le sens longitudinal indiquant la soudure des cotylédons.

Sur une coupe transversale menée au milieu de cette masse cotylédonaire, on aperçoit, comme une sorte de boutonnière, une ligne montrant la séparation et l'existence de deux cotylédons, et suivant laquelle les épidermes de ces deux cotylédons restent distincts. Partout ailleurs, dans le prolongement de cette ligne, ces cotylédons sont soudés complètement, les épidermes ne sont plus différenciés (fig. 68, Pl. XV). J'ai également représenté (fig. 67, Pl. XV) à un grossissement plus fort la moitié de cette boutonnière qui est formée par les deux épidermes adhérents, appartenant aux deux cotylédons de l'embryon.

En dehors de la soudure partielle des cotylédons et en dehors de la taille, la forme allongée de l'embryon rapproche l'*Ochrocarpus siamensis* du *Mammea americana*.

La structure des cotylédons est intermédiaire entre la structure des cotylédons de *Calophyllum Calaba* et celle des cotylédons de *Mammea americana*.

L'épiderme est fortement cutinisé. Le parenchyme cotylédonaire est homogène, formé de cellules à membrane peu

(1) A. Engler und K. Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, t. III, 1895 ; *Guttiferæ*, p. 220.

épaissie, arrondies et allongées dans le sens longitudinal de l'embryon.

Contrairement à l'opinion de M. Heckel (1), de très nombreux canaux sécréteurs, pouvant même se ramifier, sillonnent dans toutes les directions le parenchyme de deux cotylédons d'un embryon même non germé. Les canaux sécréteurs sont exactement pareils aux canaux sécréteurs des cotylédons de *Calophyllum Calaba*; la seule distinction réside dans leur nombre, qui est de beaucoup supérieur et dans leur diamètre en général de beaucoup plus petit. Ils sont schizogènes et non lysigènes comme M. Heckel le croit.

La disposition des faisceaux conducteurs, formant les nervures, se rapproche de la disposition des nervures cotylédonnaires du *Mammea americana*. La présence de tels faisceaux conducteurs épars dans la masse tuberculisée montrerait qu'on se trouve en présence de deux cotylédons même si la boutonnière épidermique n'existait pas. En effet, quand la tigelle est tuberculisée les faisceaux conducteurs sont toujours disposés suivant un cercle.

Les faisceaux conducteurs à structure concentrique sont rares, la très grande majorité ayant une structure superposée (fig. 66, Pl. XV).

GERMINATION.

Pierre (2), en décrivant sur place exactement le mode de germination des *Garcinia*, dit qu'il est le même pour le genre *Ochrocarpus*.

Parmi les embryons que j'ai eus à ma disposition, un seul, malheureusement, a présenté un commencement de germination; la radicule sortant de la base des cotylédons est recourbée vers le bas et la jeune tige se dirige dans le sens contraire.

La germination s'est arrêtée et malheureusement je n'ai pas pu voir la racine du pôle opposé à la radicule signalée indirectement par Pierre; je crois que cette racine doit être considérée

(1) E. Heckel, *Sur la formation des canaux sécréteurs dans les graines de quelques Guttifères* (C. R. Acad. des Sc., t. CXXIX, 1899, p. 508-510).

(2) *Loc. cit.*

comme analogue, mais non comme homologue à la première racine des *Garcinia* qui est la radicule ; c'est sans doute une racine adventive née sur un cotylédon.

Sur une coupe transversale faite dans une racine principale d'*Ochrocarpus siamensis* pratiquée à un niveau où les formations secondaires libéroligneuses sont développées, on remarque, dans l'écorce bien développée, sous l'assise subéreuse, deux ou trois assises sous-jacentes dont les cellules ont la membrane subérifiée. Le reste de l'écorce est formé par des cellules plus ou moins arrondies, laissant des méats entre elles ; il y a, de plus, un cercle de onze canaux sécréteurs. L'endoderme est formé de cellules un peu aplaties dont les membranes sont entièrement subérifiées.

Dans le cylindre central, on peut distinguer 8 faisceaux libériens et la trace de 8 faisceaux ligneux, car les formations secondaires laissent peu visible la structure primaire qui disparaît vite.

Dans le liber on observe 8 canaux sécréteurs. La région médullaire est entièrement sclérifiée.

Cette structure, par l'aspect du liber et par la disposition des canaux sécréteurs, se rapproche beaucoup plus de la structure d'une racine principale de *Mesua* que de celle d'une racine principale de *Calophyllum* ou de *Mammea*.

La structure de cette racine d'*Ochrocarpus*, est celle qui caractérise les Calophyllées, par suite de la présence de canaux sécréteurs dans l'écorce et dans le liber.

En résumé, on voit que le genre *Ochrocarpus*, par la structure de son embryon, avec ses deux gros cotylédons en partie soudés, et par la structure de sa racine, appartient à la tribu des Calophyllées et non à celle des Garciniées.

RÉSUMÉ DES GUTTIFÈRES

Les Guttifères nous ont montré dans leurs embryons une série de caractères communs qu'on peut résumer comme il suit :

Les graines étant toujours dépourvues d'albumen, les réserves nécessaires à la germination sont toutes contenues dans l'embryon.

L'embryon est toujours pourvu de deux cotylédons, ceux-ci peuvent être très gros, formant à eux seuls presque tout l'embryon, la tigelle et la radicule étant très réduites ; ou bien ces cotylédons peuvent être petits, réduits dans certains cas à de simples écailles, la tigelle dans ces cas formant presque tout l'embryon, la radicule étant aussi très réduite.

Ces embryons sont toujours très riches en substances oléorésineuses qui généralement sont déversées dans des canaux ou poches sécrétrices ; dans de très rares cas ces substances restent accumulées dans les cellules qui les ont sécrétées.

Quand il y a des canaux sécréteurs dans l'écorce de la racine, ils se différencient au voisinage des initiales de la radicule avant l'apparition des tubes criblés et se continuent dans la tigelle et dans les cotylédons où ils peuvent se résoudre en poches sécrétrices.

La radicule n'est jamais binaire alors que ce cas est si fréquent chez les Dicotylédones. L'appareil conducteur présente dans la tigelle une disposition superposée. Quand les cotylédons sont écailleux, l'appareil conducteur est à peine ébauché, et quand ils sont tuberculeux ils présentent des faisceaux épars à structure superposée ou même concentrique. *Le périderme de la tigelle est toujours d'origine superficielle.*

La limite entre la racine et la tigelle dans *Xanthochymus* est nettement précisée par l'épiderme et par l'appareil sécréteur ; l'écorce de la tigelle présente des canaux sécréteurs qu'on ne retrouve pas dans l'écorce de la racine et le liber de la racine présente des canaux sécréteurs qui ne passent pas dans le liber de la tigelle. L'appareil conducteur ne fournit pas de limite précise, car on retrouve tout à fait à la base de la tigelle une disposition aterne.

En dehors de ces caractères généraux, l'embryon des Guttifères présente toute une série de variations caractéristiques de certains groupes ou de certains genres ; de plus, les divers types d'embryon ont un mode de germination qui leur est propre.

Les *Clusiées* sont caractérisées par une tigelle grosse et par des cotylédons petits, mais bien distincts ; en germant, *la tigelle s'allonge, les cotylédons deviennent foliacés, la radicule devient la racine principale de l'arbre.*

Il est intéressant de noter dans ce groupe : l'origine superficielle, non pérycycloïque du périoderme de la racine (*Clusia minor*, *Clusia flava*) ; la présence de canaux sécréteurs corticaux dans la racine et dans la tigelle ; l'absence de canaux sécréteurs dans le liber et dans tout le cylindre central de la racine et de la tigelle ; la présence de canaux sécréteurs dans le pétiole et de poches dans le limbe des cotylédons ; l'épaisseur de la tigelle déterminée par le grand développement de l'écorce, le cylindre central étant réduit.

Les *Moronobées* et les *Garciniées* sont caractérisées par une tigelle tuberculisée énorme, qui forme la presque totalité de l'embryon dont les cotylédons sont réduits à de petites écailles ou à des replis peu marqués. En germant la tigelle et les cotylédons ne s'accroissent sensiblement pas et les cotylédons restent écailleux en s'épanouissant ; la radicule s'allonge et se ramifie, mais c'est une racine adventive, qui naît à la base de la jeune tige, qui devient la racine principale de l'arbre.

Chez les *Moronobées*, dans les genres *Symphonia* et *Allanblackia*, l'appareil conducteur forme un anneau continu sur toute la longueur de la tigelle qui est tuberculisée par la moelle. L'appareil sécréteur est très développé dans l'écorce et la moelle de *Symphonia* et il est réduit à quelques petits canaux corticaux superficiels dans le genre *Allanblackia*. Le périoderme dans ce dernier genre est très précoce.

Le genre *Pentadesma* est complètement dépourvu de canaux sécréteurs, les produits de sécrétion sont accumulés dans les cellules. Les faisceaux conducteurs sont nettement isolés, disposés en cercle, au milieu d'un parenchyme homogène.

Dans les *Garciniées*, le genre *Xanthochymus* et les *Garcinia* de la section *Mangostana* ont des faisceaux plus ou moins distincts, disposés en cercle au milieu d'un parenchyme formé de cellules toutes semblables. Les *Xanthochymus* ont des canaux sécréteurs dans la moelle et dans l'écorce de la tigelle et les *Garcinia* de la section *Mangostana* ont seulement un ou deux cercles de canaux sécréteurs corticaux dans la tigelle. Le *Garcinia tonkinensis*, qui appartient à cette même section, se rapproche de *Xanthochymus* par la présence de grands canaux sécréteurs dans l'écorce et dans la moelle, tandis que par l'appareil conducteur

et par ses réserves oléagineuses, il se rapproche des autres *Garcinia* de la section. Les *Garcinia* de la section *Rhinostigma* ont la tigelle très aplatie, tuberculisée par l'écorce, avec un cylindre central très étroit et distinct ne comptant que trois faisceaux libéroligneux ; les canaux sécréteurs n'apparaissent dans la tigelle qu'au moment de la germination ; ces canaux ne se montrent qu'au sommet de la tigelle.

Les Garciniées et les Moronobées diffèrent donc des Clusiées non seulement par la forme de l'embryon et leur mode de germination, mais aussi par la structure de la plantule : en effet, à l'inverse des Clusiées, la racine possède des canaux sécréteurs dans le liber tandis que l'écorce en est dépourvue, mais, comme dans les Clusiées, le *périderme* est *d'origine superficielle* dans la racine.

Les *Calophyllées* se distinguent des autres Guttifères par les *cotylédons tuberculisés* qui constituent la masse de l'embryon, la tigelle étant très réduite. En germant les cotylédons ne s'accroissent pas et la tigelle ne s'allonge que de quelques millimètres ; *la racine se développe et devient la racine principale de l'arbre.*

La structure de l'embryon et de la plantule est très semblable dans les *Calophyllées* : la racine, la tigelle, les cotylédons possèdent toujours des canaux sécréteurs ; il y a toujours des canaux corticaux dans la racine comme chez les Clusiées, mais il y a en outre des canaux sécréteurs dans le liber secondaire de la racine. La racine principale et les radicelles de *Mammea* présentent des lenticelles qui ne sont pas en rapport avec l'assise subéro-phellodermique. *Le périderme est toujours d'origine péricyclique dans la racine, superficielle dans la tigelle.*

Les cotylédons adhérents dans les *Calophyllum*, *Mesua* et *Mammea* sont en partie soudés dans le genre *Ochrocarpus*.

La tigelle a des canaux sécréteurs dans l'écorce, dans la moelle et dans le liber secondaire ; les cotylédons ont des faisceaux libéroligneux à structure généralement concentrique, épars dans tout leur parenchyme, ainsi que des canaux sécréteurs et des poches. Le pétiole cotylédonaire développe un liège d'origine superficielle présentant des lenticelles.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

Les embryons et les plantules des Hypéricacées sont bien distincts des embryons et des plantules de Guttifères.

La racine principale des Hypéricacées est binaire tandis que chez les Guttifères elle possède au moins trois faisceaux (*Garcinia sisygiifolia*), et le plus souvent beaucoup plus.

Les canaux sécréteurs primaires y sont exclusivement d'origine péricyclique, tandis que chez les Guttifères, il y a tantôt des canaux sécréteurs corticaux (Clusiées, Calophyllées) tantôt des canaux sécréteurs dans le cylindre central, mais non péricycliques (Moronobées, Garciniées).

Les Clusiées, Garciniées et Moronobées ont, dans la racine, un périderme d'origine superficielle, mais dans les Calophyllées il est péricyclique comme dans les Hypéricacées.

La tigelle possède un périderme péricyclique dans les Hypéricacées, superficiel dans les Guttifères.

La tigelle est très grêle et à structure binaire dans les Hypéricacées tandis que chez les Guttifères elle est plus ou moins tuberculisée, cylindrique avec 4 faisceaux (Clusiées) ou tuberculisée avec un grand nombre de faisceaux disposés en cercle (Moronobées et Garciniées), ou très courte avec un grand nombre de faisceaux (Calophyllées).

L'étude des genres *Kielmeyera*, *Caraipa*, *Haploclathra*, *Marila*, *Mahurea* et *Endodesmia* serait particulièrement intéressante au point de vue de la constitution de l'embryon et du mode de germination, ainsi que pour la place à leur attribuer dans la classification.

Je me propose d'y revenir ultérieurement.

En résumé, l'étude comparative de la structure des embryons et des plantules chez les Hypéricacées et les Guttifères m'a permis de constater un certain nombre de caractères particuliers à chacune de ces deux familles; j'ai, en outre, signalé plusieurs faits pouvant intéresser l'anatomie générale, notamment l'importance de l'appareil sécréteur, pour établir la distinction complète entre la racine et la tigelle, alors que l'appareil conducteur ne fournit aucune limite précise.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE V

- Fig. 1. — *Hypericum perforatum*. Coupe transversale de la racine principale d'une jeune plantule au voisinage du collet. Cylindre central avec, à droite et à gauche un faisceau libérien représenté par un tube criblé et, en haut et en bas, un faisceau ligneux représenté par un vaisseau. Entre le bois et le liber, sur le même cercle, début de quatre canaux sécréteurs d'origine péri-cyclique.
- Fig. 2. — *Hypericum perforatum*. Coupe transversale dans la région médiane de la tigelle d'une jeune plantule avec disposition alterne de l'appareil conducteur.
- Fig. 3. — *Hypericum perforatum*. Coupe transversale dans la région basilaire d'un cotylédon d'une jeune plantule.
- Fig. 4. — *Hypericum perforatum*. Portion d'une coupe transversale de la tigelle d'une plantule plus âgée; on voit des vaisseaux alternes, des vaisseaux intermédiaires et superposés, ainsi que l'assise génératrice entre le bois et le liber; le péricycle en face du bois primaire se dédouble; sur les flancs de chaque faisceau libérien on voit des canaux sécréteurs.

PLANCHE VI

- Fig. 5. — *Hypericum calycinum*. Portion d'une coupe transversale de la tigelle d'une jeune plantule, au voisinage du nœud cotylédonaire.
- Fig. 6. — *Hypericum calycinum*. Coupe transversale dans la région médiane d'une tigelle de 4 mm. de long, tout à fait au début de la germination.
- Fig. 7. — *Hypericum calycinum*. Coupe transversale du limbe d'un cotylédon.
- Fig. 8. — *Hypericum calycinum*. Coupe transversale dans la région basilaire de la même tigelle que dans la figure 6.
- Fig. 9. — *Hypericum perforatum*. Coupe transversale d'une tigelle âgée.

PLANCHE VII

- Fig. 10. — *Hypericum calycinum*. Coupe longitudinale axiale dans la partie supérieure d'un embryon.
- Fig. 11. — *Hypericum calycinum*. Cotylédon âgé montrant à son extrémité un grand stomate aquifère et, de part et d'autre, sur le bord du limbe, plusieurs petits stomates aquifères.
- Fig. 12. — *Hypericum Elodes*. Portion d'une coupe transversale de la tigelle.
- Fig. 13. — *Hypericum Elodes*. Coupe transversale de la tigelle faite à un niveau moins élevé que dans la figure 12 (la coupe a été photographiée renversée, de sorte que le canal sécréteur au lieu d'être vu à gauche et en haut de la figure, doit être reporté par la pensée à gauche et en bas comme dans la figure 12; le premier vaisseau du bois situé en haut, deviendra ainsi le premier situé en bas).
- Fig. 14. — *Haronga paniculata*. Coupe transversale du limbe d'un cotylédon bien épanoui.

PLANCHE VIII

- Fig. 15. — *Haronga paniculata*. Coupe transversale dans la région médiane de la tigelle d'un embryon.
- Fig. 16. — *Haronga paniculata*. Coupe transversale dans la région médiane de la tigelle d'une jeune plantule.
- Fig. 17. — *Haronga paniculata*. Coupe transversale de la tigelle de la même plantule, tout près des cotylédons montrant l'apparition, à gauche, d'un faisceau caulinaire.
- Fig. 18. — *Haronga paniculata*. Coupe transversale passant par la base des cotylédons entre lesquels on voit la base des deux premières feuilles.
- Fig. 19. — *Haronga paniculata*. Portion d'une coupe transversale faite dans la partie médiane de la tigelle d'une plantule plus âgée.
- Fig. 20. — *Haronga paniculata*. Coupe transversale de la tigelle d'une même plantule, au voisinage du nœud cotylédonaire montrant la disparition des vaisseaux alternes et l'écrasement des premiers tubes criblés.
- Fig. 21. — *Haronga paniculata*. Coupe transversale du pétiole d'un cotylédon âgé.

PLANCHE IX

- Fig. 22. — *Haronga paniculata*. Portion d'une coupe transversale de tigelle âgée près de la base des cotylédons.
- Fig. 23. — *Clusia rosea*. Coupe transversale de la tigelle d'un embryon.
- Fig. 24. — *Clusia rosea*. Coupe longitudinale axiale d'un embryon, région radiculaire.
- Fig. 25. — *Clusia rosea*. Coupe longitudinale axiale d'un embryon, cotylédons et gemmule. A droite un canal sécréteur monte de la tigelle dans le cotylédon ; à gauche, ébauche de l'appareil conducteur.
- Fig. 26. — *Allanblackia Sacleuxii*. Portion de la coupe transversale de la tigelle d'un embryon montrant l'écorce avec trois canaux sécréteurs très petits et l'origine du périderme.
- Fig. 27. — *Allanblackia Sacleuxii*. Portion de coupe transversale de la tigelle d'un embryon montrant l'appareil conducteur.
- Fig. 28. — *Allanblackia Sacleuxii*. Portion de coupe transversale de tigelle âgée de trois ans.

PLANCHE X

- Fig. 29. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe longitudinale axiale d'un embryon montrant les deux cotylédons et la gemmule ; la coupe passe obliquement à droite à travers le canal sécréteur.
- Fig. 30. — *Xanthochymus pictorius*. Portion de coupe transversale de la tigelle d'un embryon, montrant la tendance des faisceaux à la structure concentrique.
- Fig. 31. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe transversale de la racine d'une plantule menée tout près du sommet montrant une ou deux assises de petites cellules de la coiffe, une assise sous-jacente allongée radialement qui est l'assise pilifère en dedans, une autre assise différenciée qui est l'assise subéreuse : les tubes criblés ont leur membrane très épaissie et sont dans leur phase de différenciation maximum.
- Fig. 32. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe transversale pratiquée à un niveau plus élevé que dans la figure 31 de la même racine.
- Fig. 33. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe transversale de la même racine pratiquée à un niveau plus élevé que dans la figure 32.

- Fig. 34. — *Xanthochymus pictorius*. Portion de coupe transversale de la même racine montrant les épaississements de l'assise subéreuse.
 Fig. 35. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe transversale de la même racine à un niveau plus élevé que dans la figure 33.
 Fig. 36. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe transversale de la même racine, dans la région basilaire, non loin de la tigelle.

PLANCHE XI

- Fig. 37. — *Xanthochymus pictorius*. Terminaison par oblitération d'un canal sécréteur à la base de la tigelle.
 Fig. 38. — *Xanthochymus pictorius*. Portion d'une coupe transversale de la tigelle, menée au voisinage du collet montrant l'oblitération des canaux sécréteurs et la formation du périderme.
 Fig. 39. — *Xanthochymus pictorius*. Portion d'une coupe transversale pratiquée vers la base de la tigelle (à un niveau plus élevé que dans la figure 38) d'une plantule, et montrant l'origine superficielle du périderme et les canaux sécréteurs.
 Fig. 40. — *Xanthochymus pictorius*. Portion d'une coupe transversale correspondant à la figure 38, et montrant le cylindre central avec trace de disposition alterne.
 Fig. 41. — *Xanthochymus pictorius*. Portion d'une coupe transversale correspondant à la figure 39 et montrant le cylindre central.
 Fig. 42. — *Xanthochymus pictorius*. Portion d'une coupe transversale pratiquée dans le tiers supérieur de la tigelle.
 Fig. 43. — *Xanthochymus pictorius*. Portion d'une coupe transversale menée près du sommet de la première racine adventive montrant des groupes de tubes criblés dans leur phase de différenciation maximum.
 Fig. 44. — *Xanthochymus pictorius*. Portion d'une coupe transversale de la même racine à un niveau plus élevé montrant les faisceaux ligneux différenciés.

PLANCHE XII

- Fig. 45. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe transversale du nœud cotylédonaire d'une plantule.
 Fig. 46. — *Xanthochymus pictorius*. Coupe transversale d'un des cotylédons d'une plantule.
 Fig. 47. — *Pentadesma butyracea*. Portion de coupe transversale d'une tigelle montrant une partie de l'écorce.
 Fig. 48. — *Pentadesma butyracea*. Portion de la même coupe transversale montrant un faisceau conducteur uniquement libérien.
 Fig. 49. — *Garcinia porrecta*. Portion de coupe transversale de la tigelle d'un embryon montrant des canaux sécréteurs vers la périphérie de l'écorce.
 Fig. 50. — *Garcinia porrecta*. Portion de la même coupe transversale montrant les faisceaux conducteurs avec l'endoderme caractéristique.
 Fig. 51. — *Garcinia cornea*. Coupe transversale d'une racine anormale.

PLANCHE XIII

- Fig. 52. — *Garcinia sicygiifolia*. Portion d'une coupe transversale de la tigelle d'un embryon.
 Fig. 53. — *Garcinia sicygiifolia*. Même coupe avec cylindre central à un plus fort grossissement.
 Fig. 54. — *Garcinia sicygiifolia*. Portion de la même coupe montrant des matières grasses cristallisées en longues et fines aiguilles.

Fig. 55. — *Garcinia silybifolia*. Coupe transversale de la radicule d'une plantule.

Fig. 56. — *Garcinia silybifolia*. Coupe transversale de la tigelle au voisinage de la tige montrant le début du périderme épidermique et les canaux sécréteurs à la périphérie de l'écorce.

PLANCHE XIV

Fig. 57. — *Calophyllum Calaba*. Coupe transversale vers le sommet de la radicule d'une plantule, montrant seulement les faisceaux libériens développés.

Fig. 58. — *Calophyllum Calaba*. Portion de l'écorce d'une racine montrant un canal sécréteur se divisant.

Fig. 59. — *Calophyllum Calaba*. Cylindre central d'une racine anormale; coupe menée près de la tigelle.

Fig. 60. — *Calophyllum Calaba*. Coupe transversale passant par les pétioles cotylédonaire de la périphérie, périderme très développé avec nombreuses lenticelles.

Fig. 61. — *Calophyllum Calaba*. Coupe transversale d'une radicule âgée montrant le début du périderme péricyclique.

Fig. 62. — *Calophyllum Calaba*. Parenchyme, canaux sécréteurs et faisceaux concentriques d'un cotylédon.

Fig. 63. — *Calophyllum Calaba*. Lenticelle sur le pétiole cotylédonaire.

Fig. 64. — *Calophyllum Calaba*. Coupe transversale d'une racine anormale (figurée dans sa région basilaire, fig. 59) montrant un petit cordon médullaire avec trois groupes de tubes criblés et trois groupes de vaisseaux, disposés suivant deux arcs concentriques.

PLANCHE XV

Fig. 65. — *Mammea americana*. Coupe longitudinale d'un embryon dont les cotylédons sont représentés seulement par leur base.

Fig. 66. — *Ochrocarpus siamensis*. Parenchyme et faisceau cotylédonaire.

Fig. 67. — *Ochrocarpus siamensis*. Coupe transversale montrant la soudure des cotylédons, sauf sur un petit espace où les épidermes sont distincts.

Fig. 68. — *Ochrocarpus siamensis*. Coupe transversale à un fort grossissement des cotylédons, montrant la petite boutonnière centrale où les épidermes sont distincts.

Fig. 69. — *Mammea americana*. Lenticelle d'une radicule.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

1° ZOOLOGIE. — L'appareil excréteur chez les Vertébrés.

2° GÉOLOGIE. — Traits essentiels de la structure des Karpates méridionales.

Vu et approuvé : Paris, le 12 août 1908.

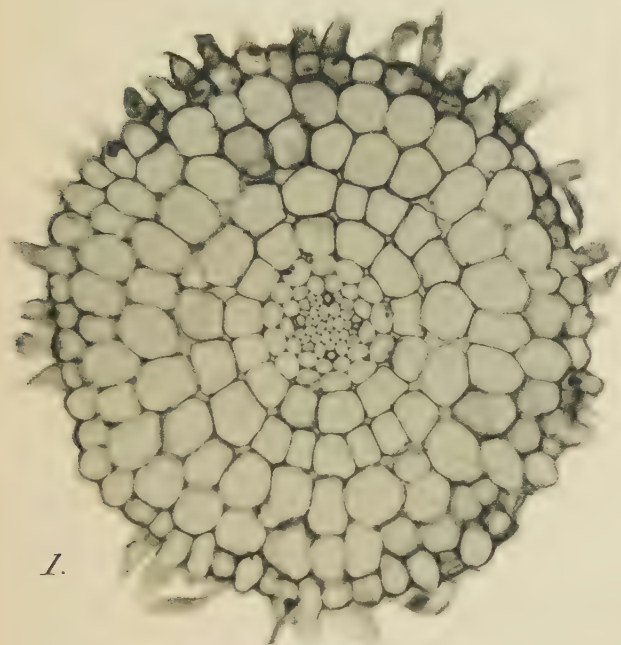
Le Doyen de la Faculté des Sciences,

PAUL APPELL.

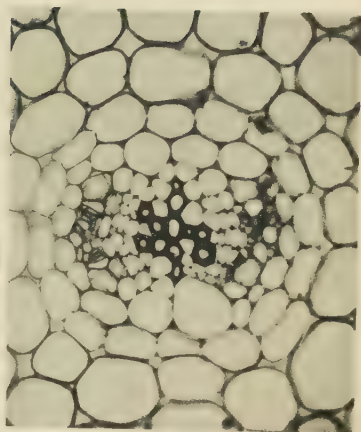
Vu et permis d'imprimer : Paris, le 12 août 1908.

Pr le Vice-Recteur, l'Inspecteur d'Académie

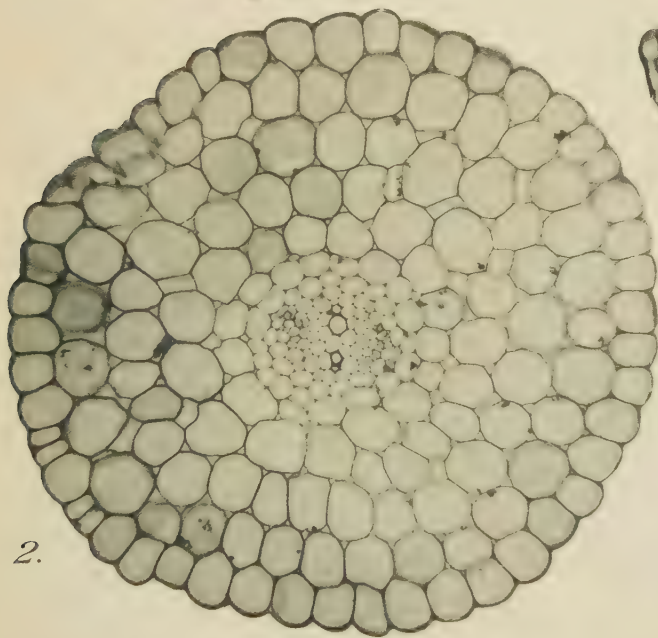
A. FRINGNET



1.



4.



2.

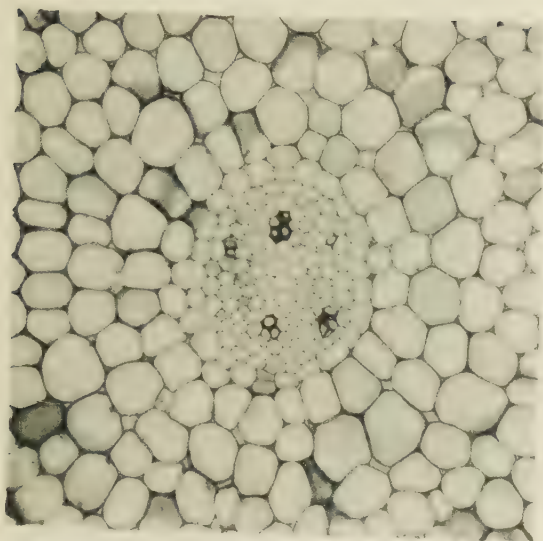


3.

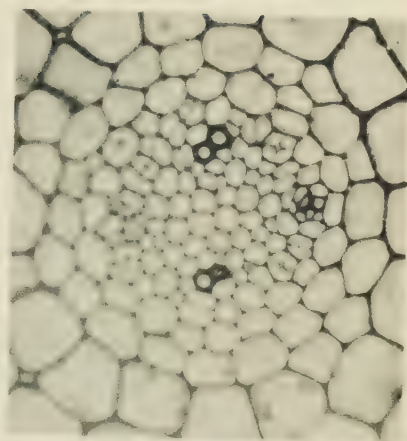
G. Brandza phot.

Phototypie Berthaud, Paris.

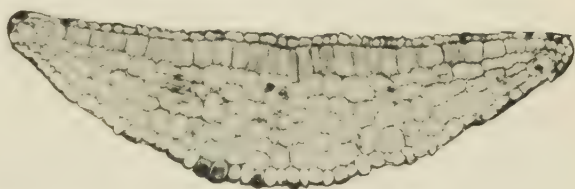
Hypéricacées.



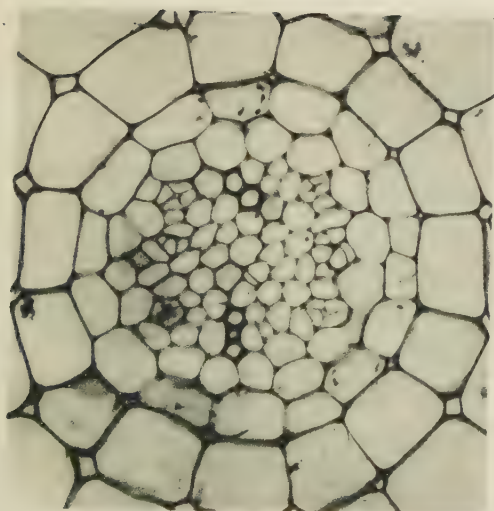
5.



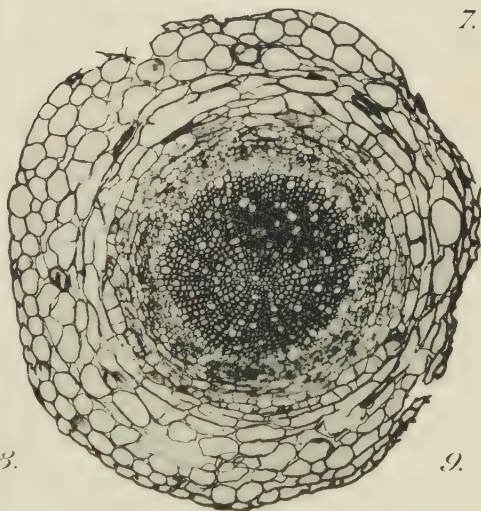
6.



7.



8.



9.

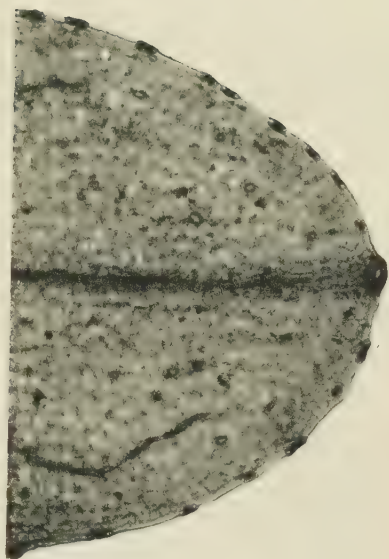
G. Brandza phot.

Phototypie Berthaud, Paris.

Hypéricacées.



10.



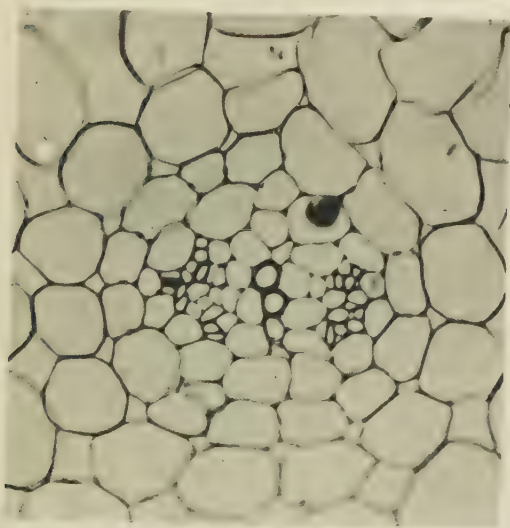
11.

12.

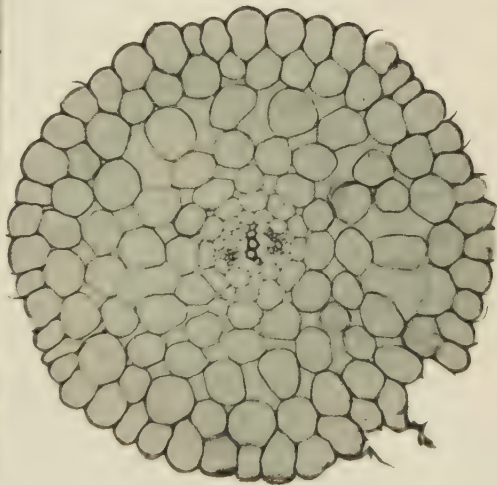
14.



13.

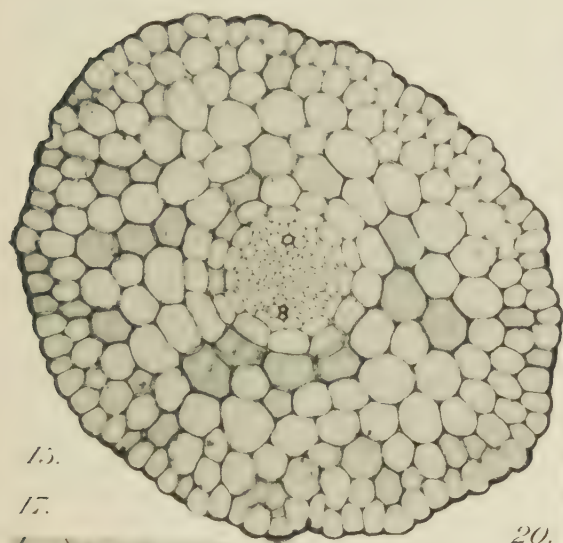


G. Brandza phot.

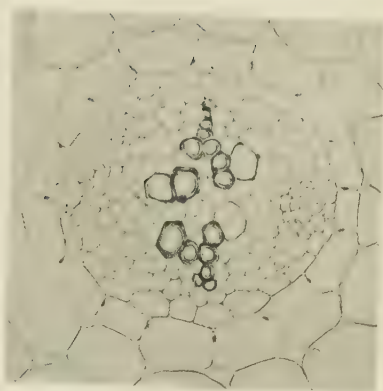


Phototypie Berthaud, Paris.

Hypéricacées.

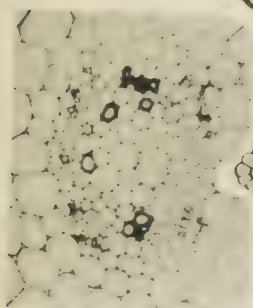


19.

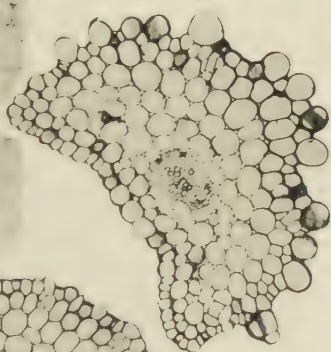
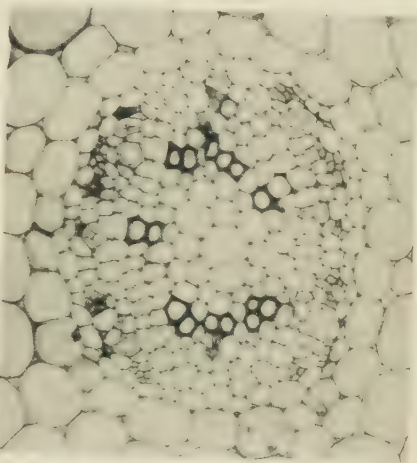


15.

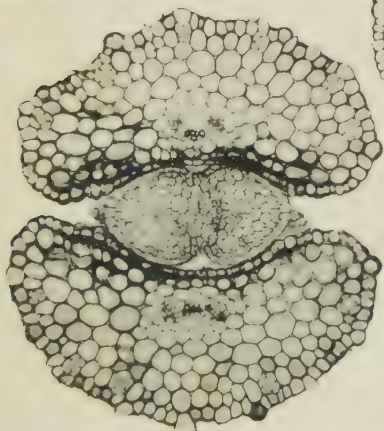
17.



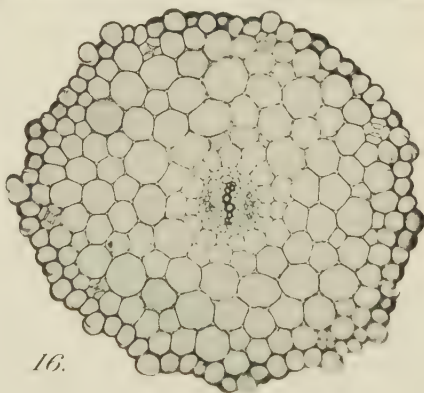
20.



21.



16.

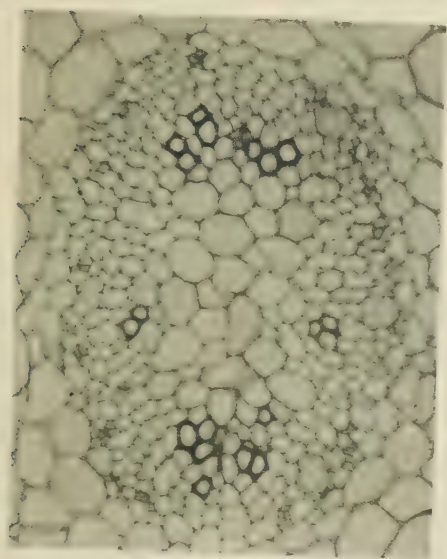


16.

G. Brandza phot.

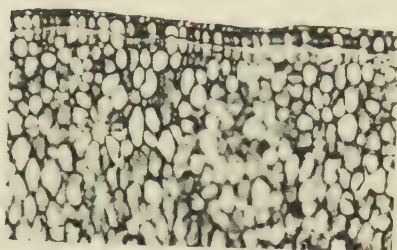
Phototypie Berthaud, Paris.

Hypéricacées.

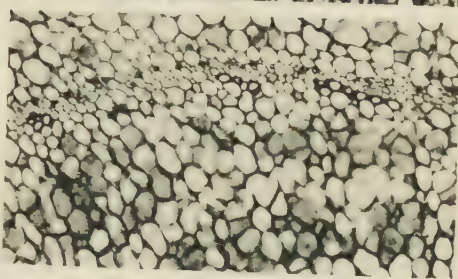


22.

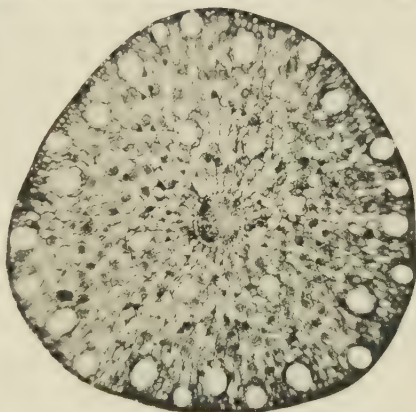
26.



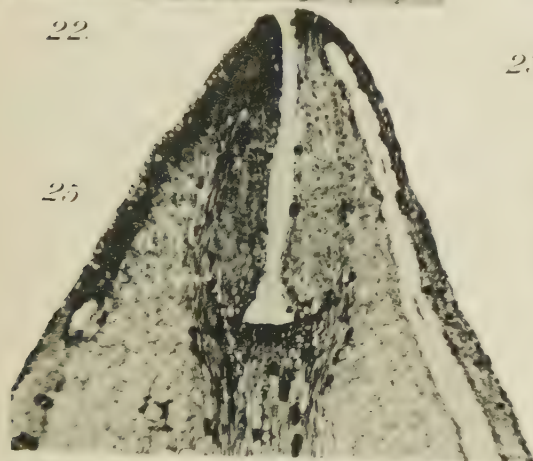
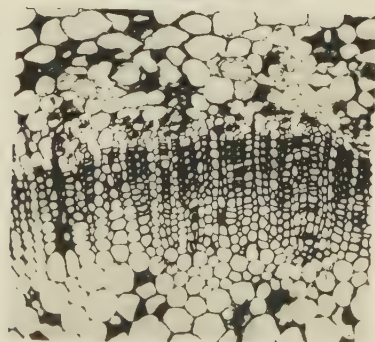
27.



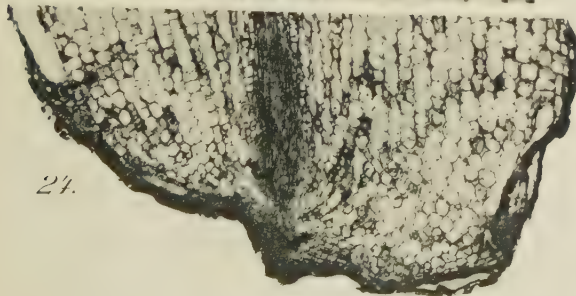
23.



28.



25.



24.

G. Brandza phot

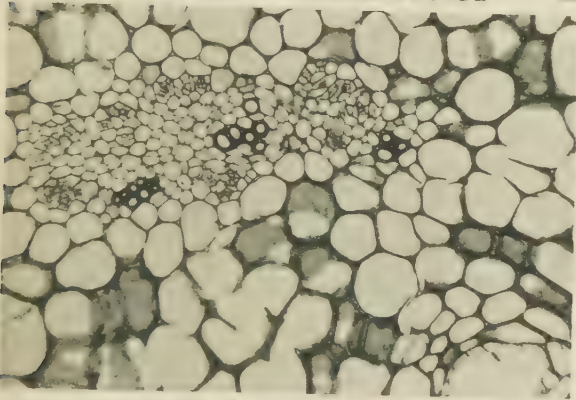
Phototypie Berthaud, Paris,

Hypéricacées (fig. 22). Guttifères.

29.

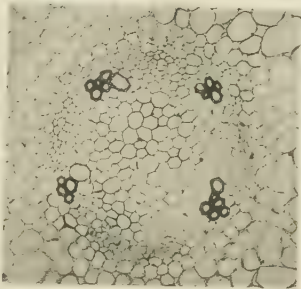


31.

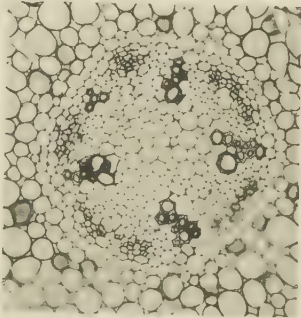


30.

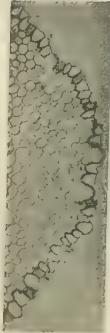
32.



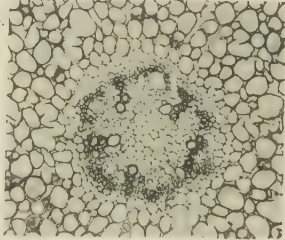
33.



34.



35.



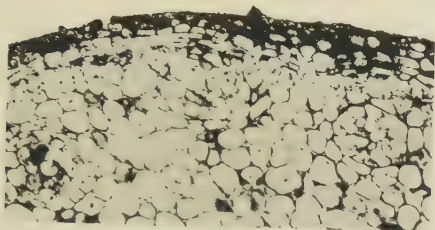
36.



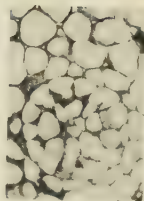
G. Brandza phot.

Phototypie Berthaud, Paris.

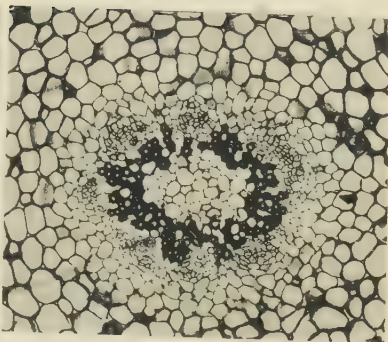
Guttifères.



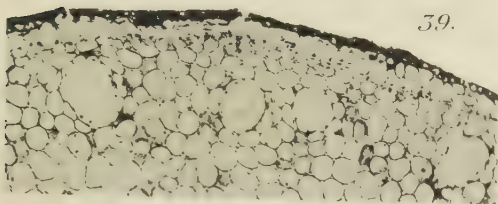
38.



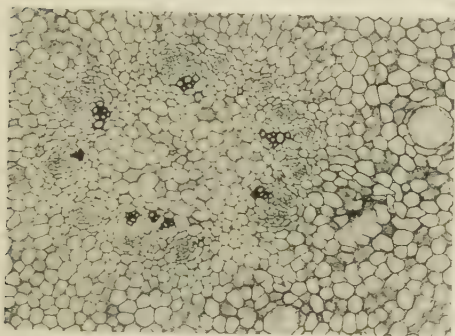
39.



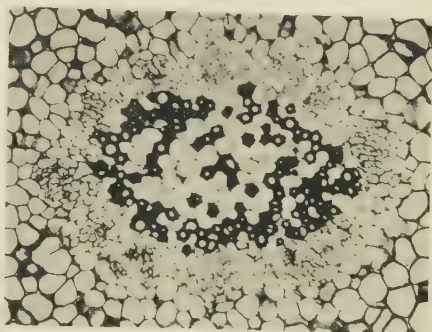
40.



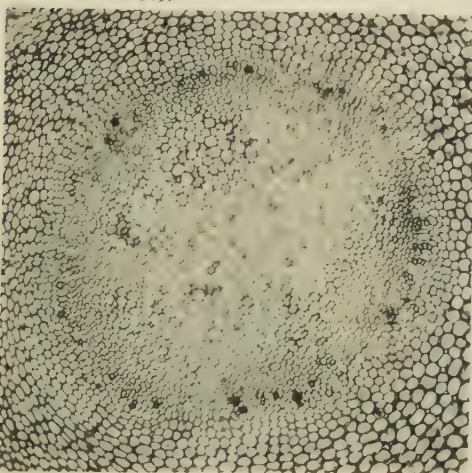
41.



42.



43.



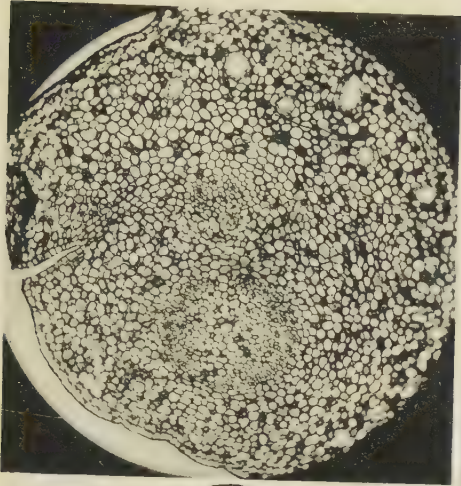
44.



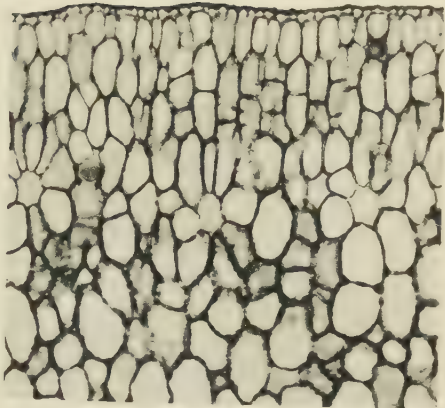
G. Brandza phot

Phototypie Berthaud, Paris,

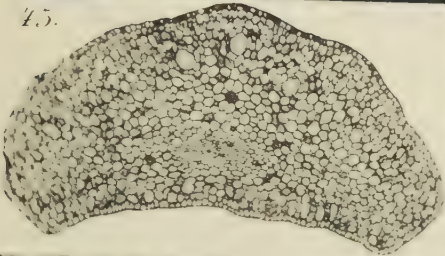
Guttifères.



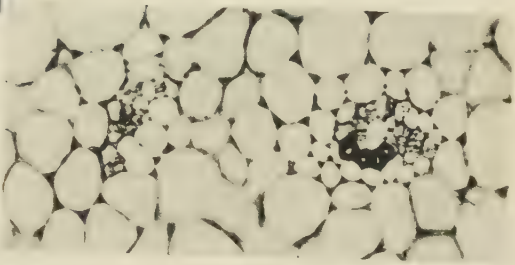
45.



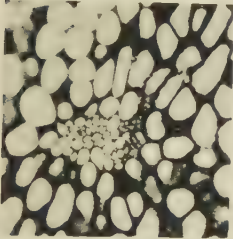
49.



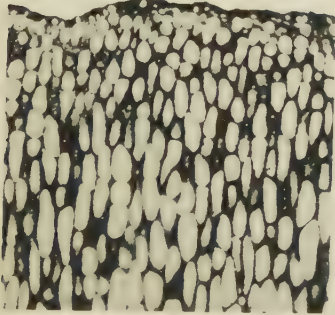
46.



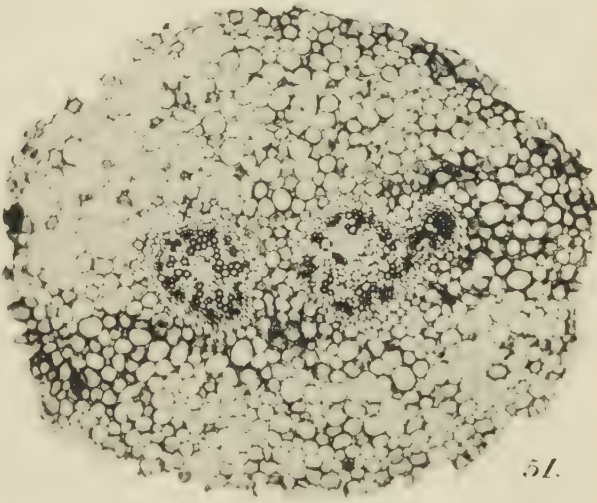
50.



48.



47.

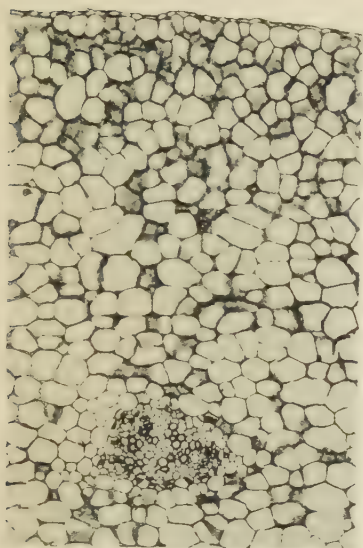


51.

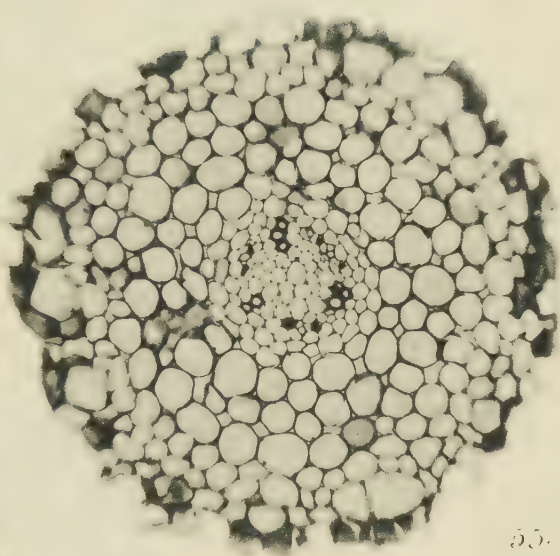
G. Brandza phot.

Phototypie Berthaud, Paris.

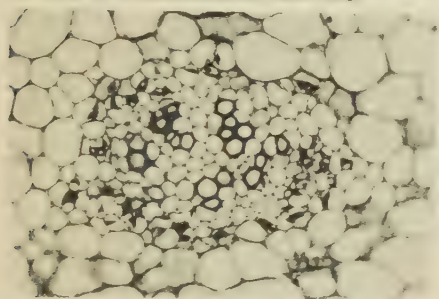
Guttifères.



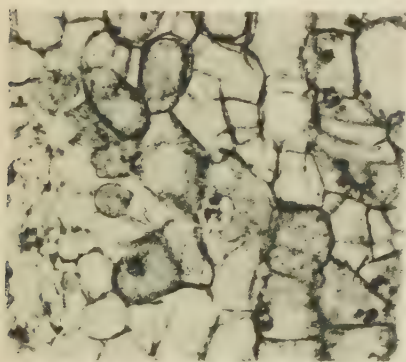
52



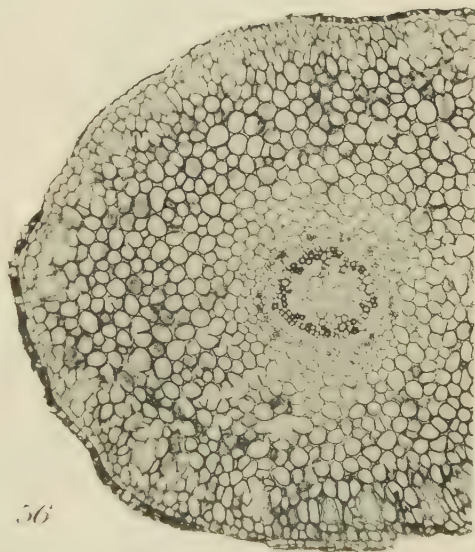
53



55



54

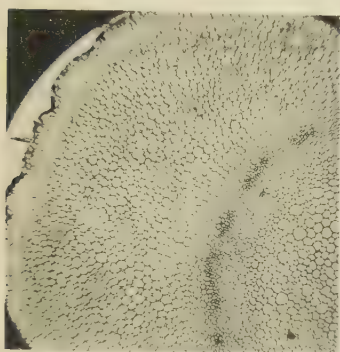


56

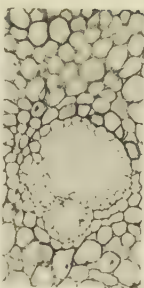
G. Brandza phot.

Phototypie Berthaud, Paris.

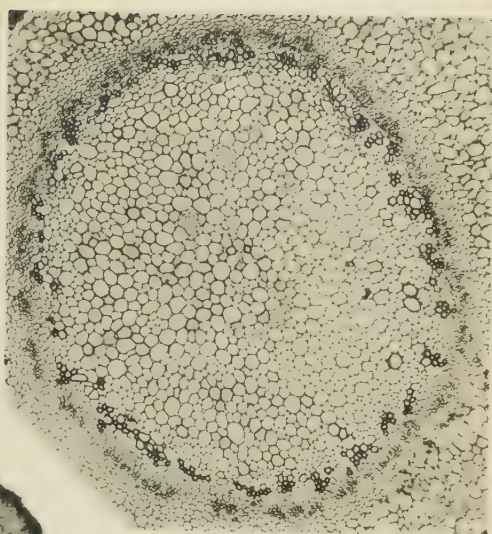
Guttifères.



57.



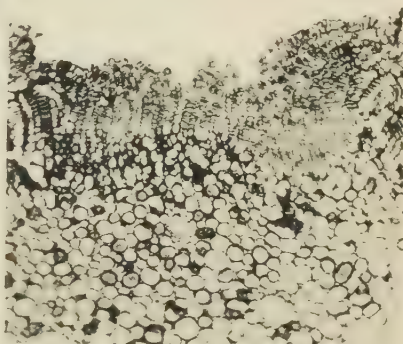
58.



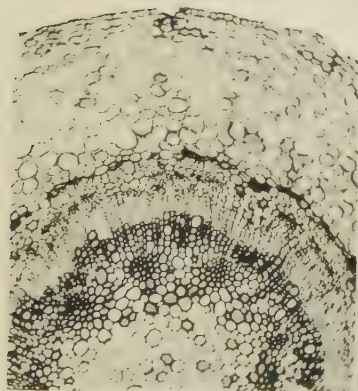
59.



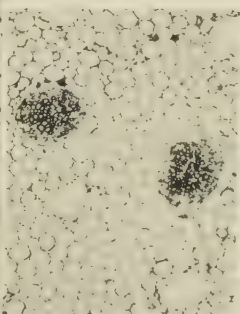
60.



65.

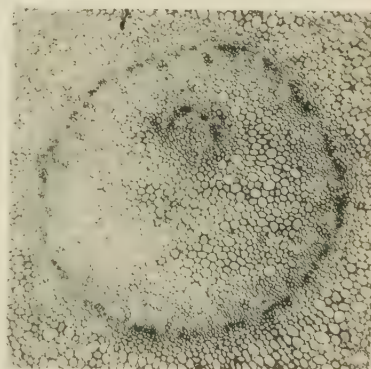


61.



62.

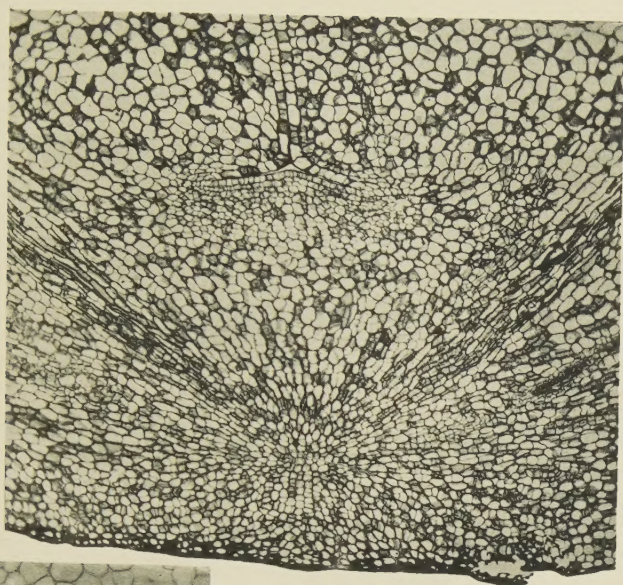
64.



G. Brandza phot.

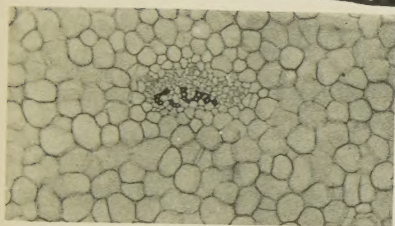
Phototypie Berthaud, Paris,

Guttifères.

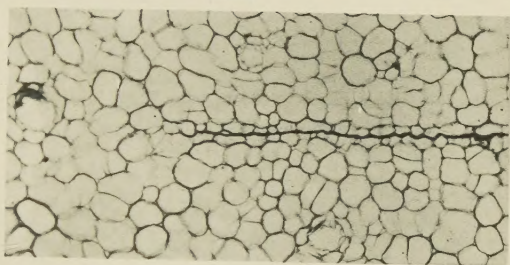


65.

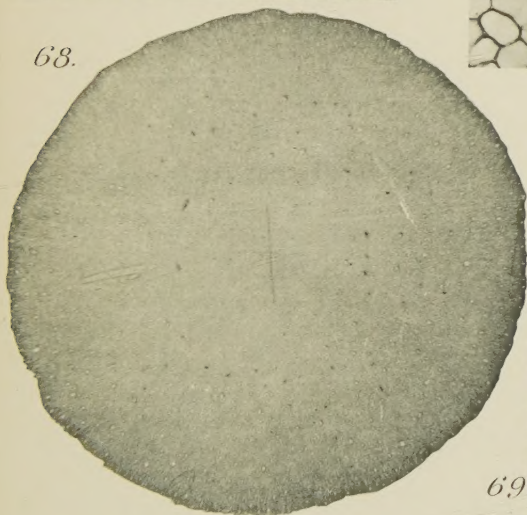
66.



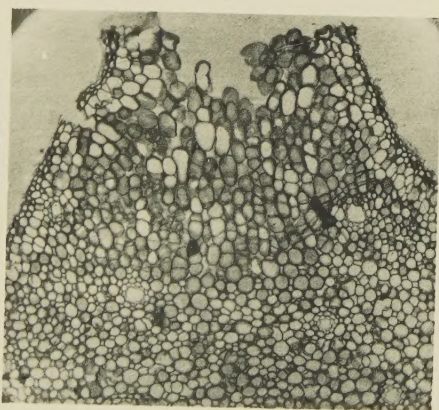
67.



68.



69.



G. Brandza phot.

Phototypie Berthaud, Paris.

Guttifères.

